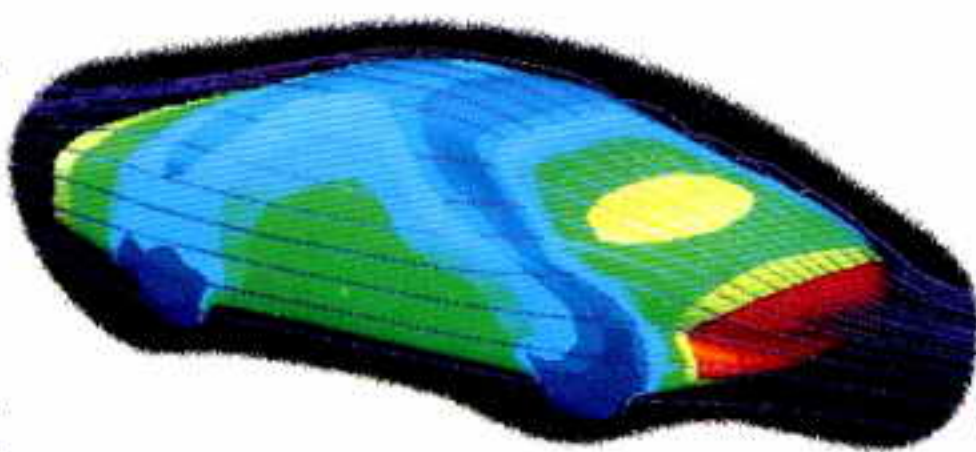
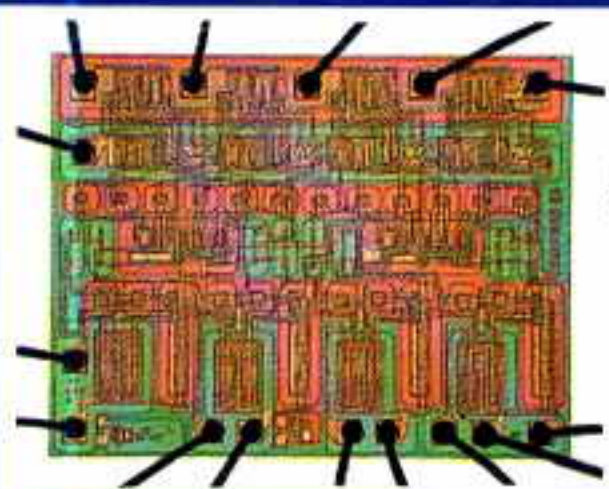


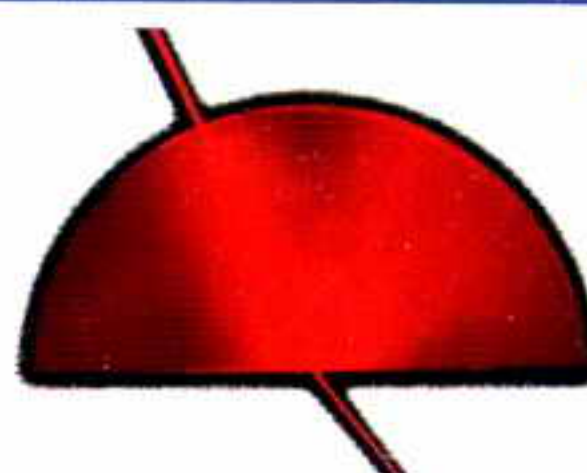
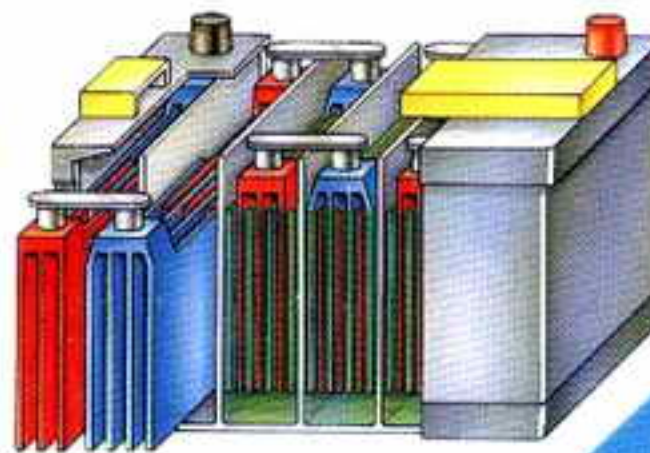
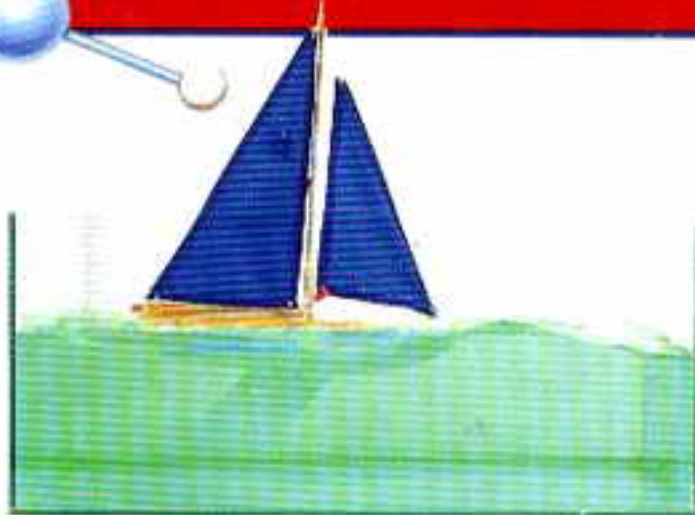
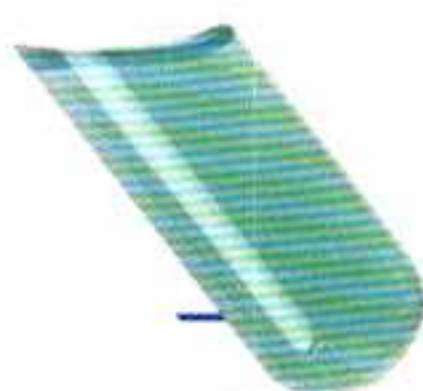
مَكْتَبَةُ لِبْنَاتٍ نَاشِرُونَ



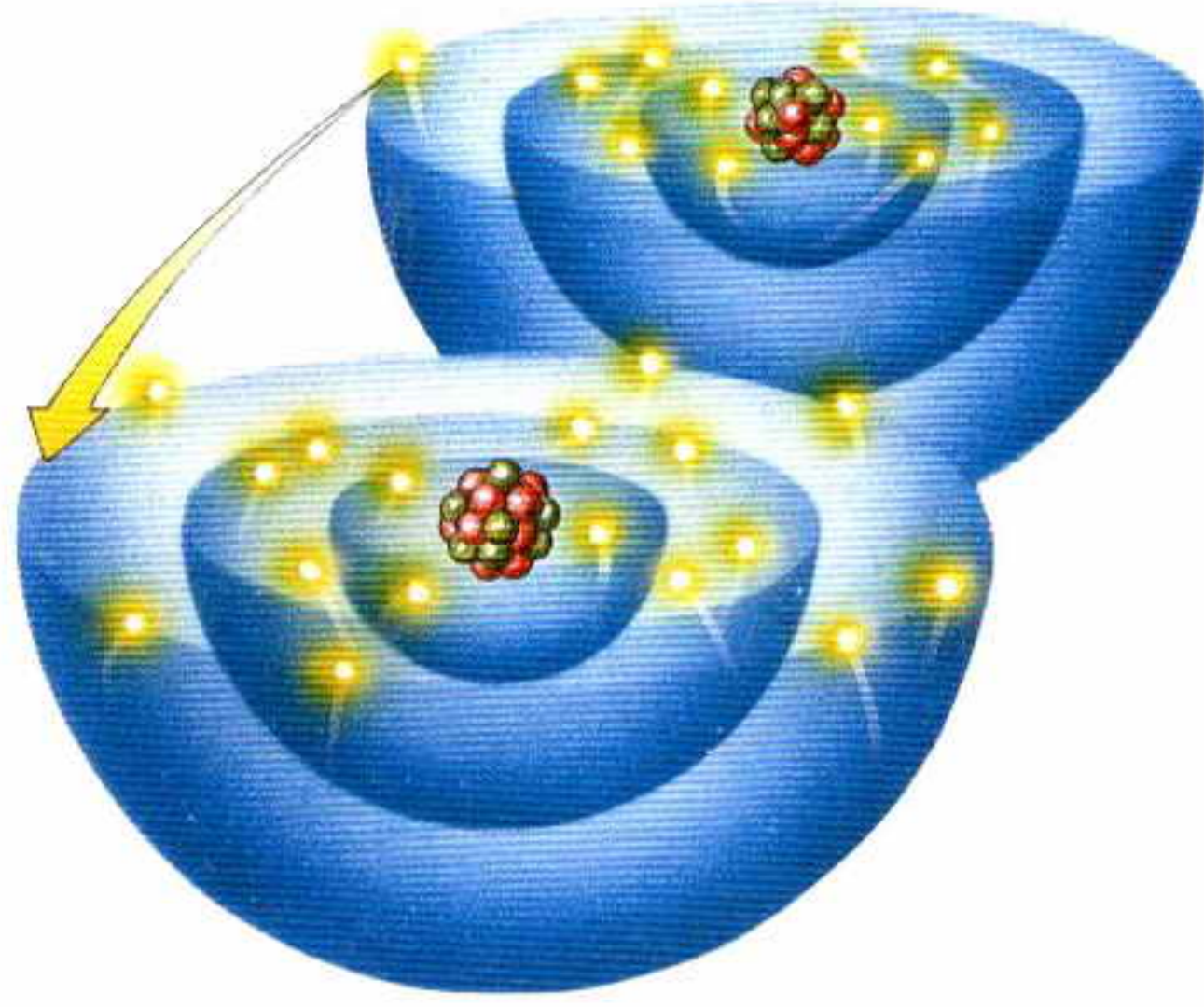
الموسوعة



العلمية الشاملة



الموسوعة العلمية الشاملة



إعداد

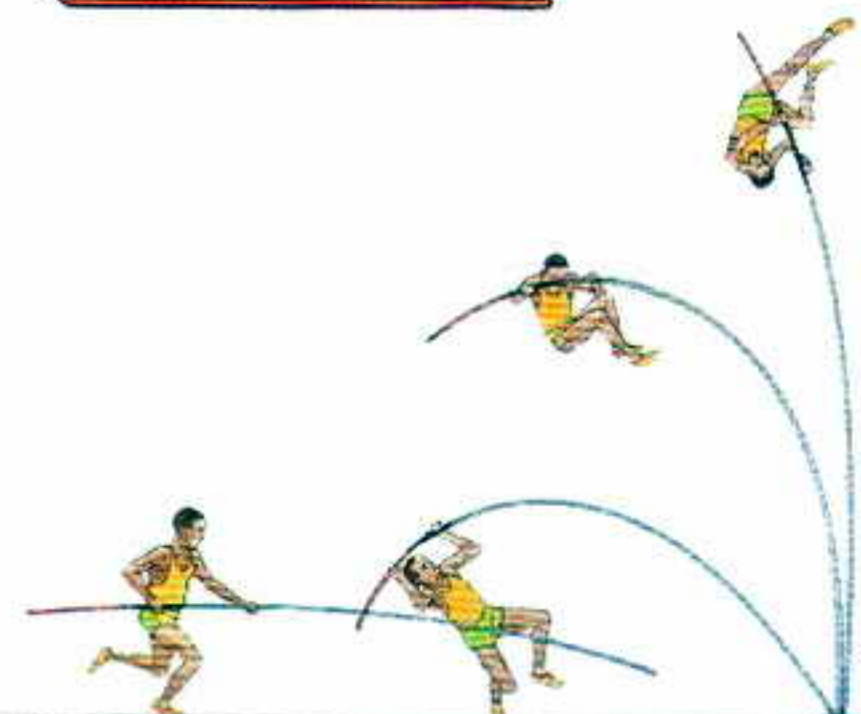
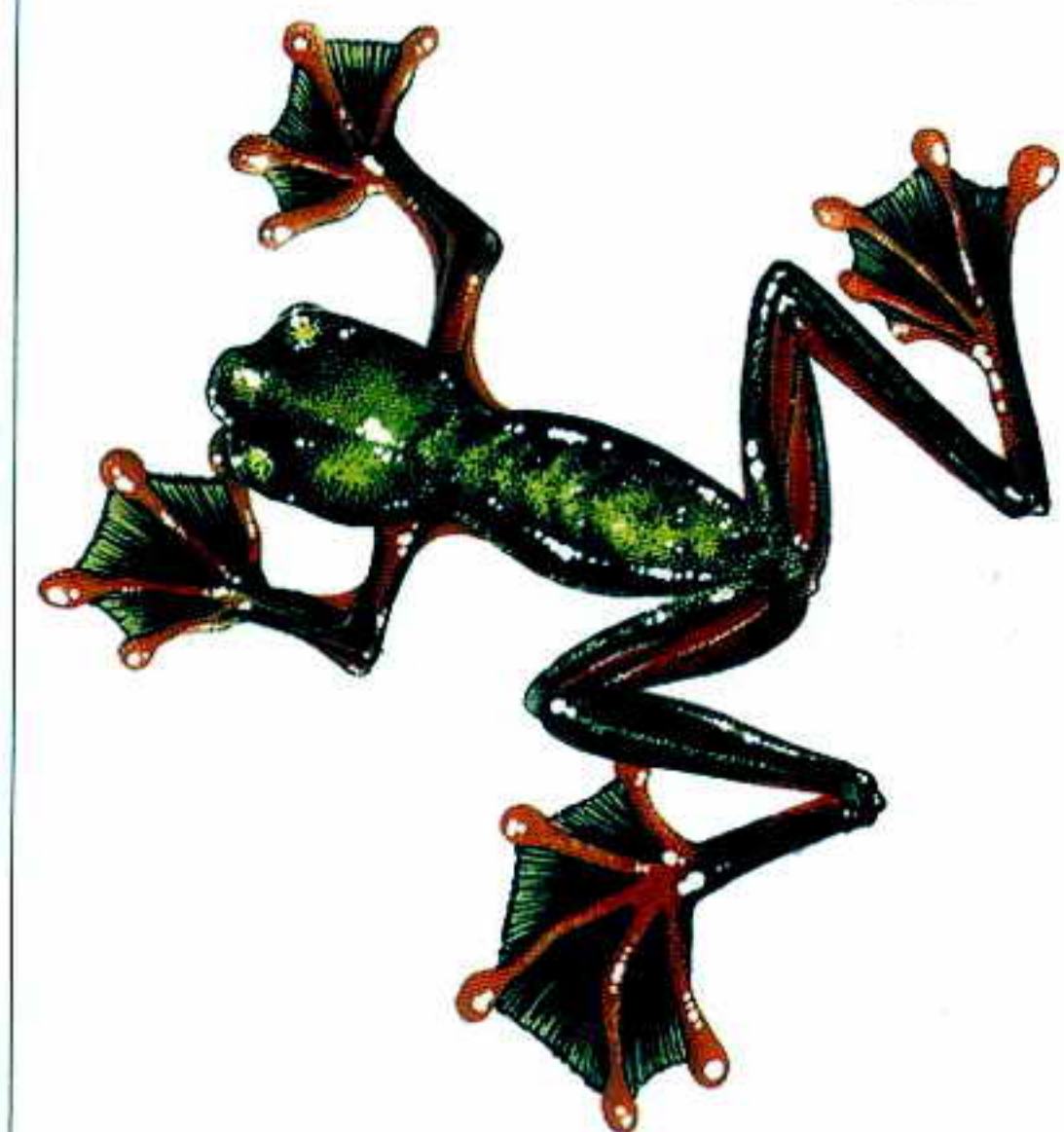
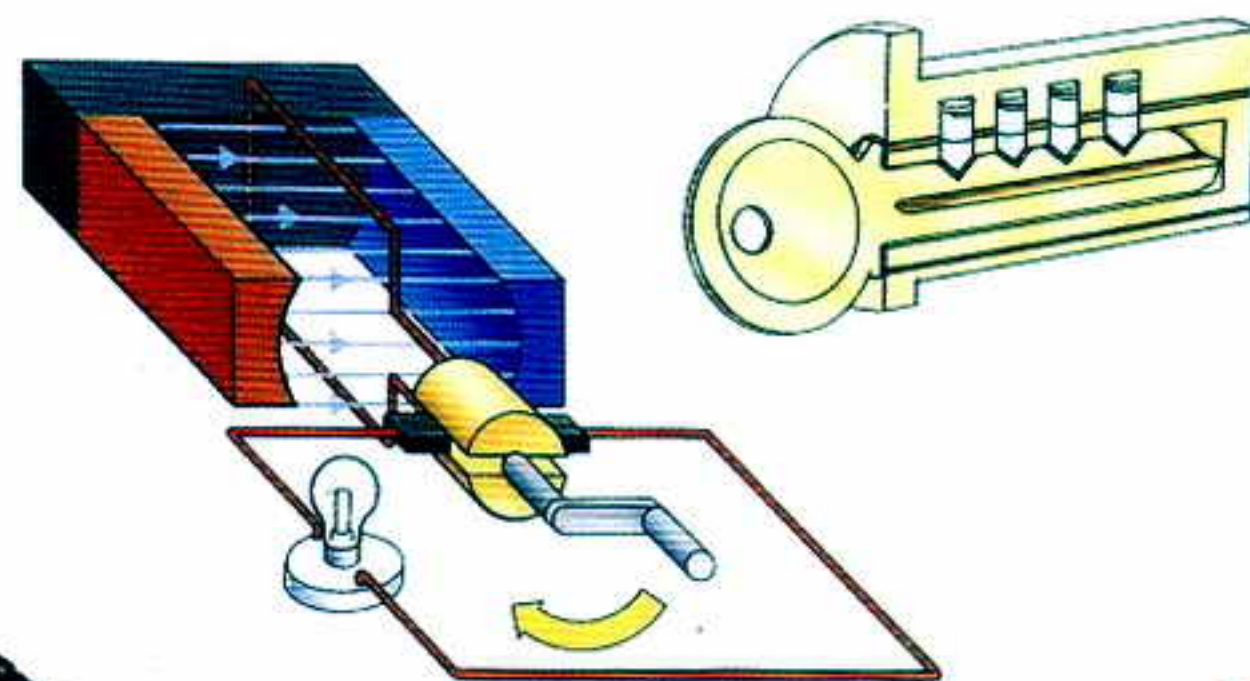
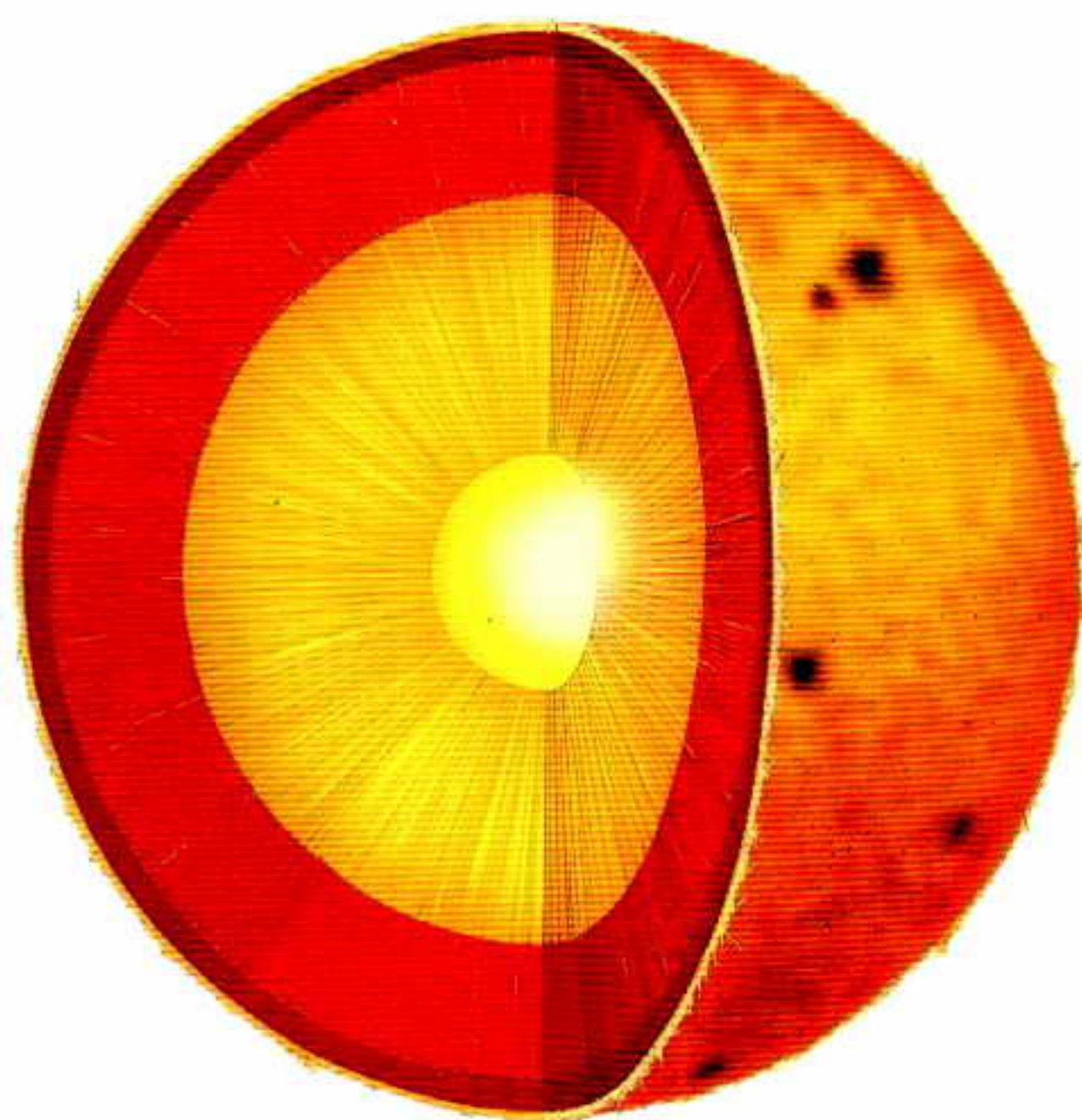
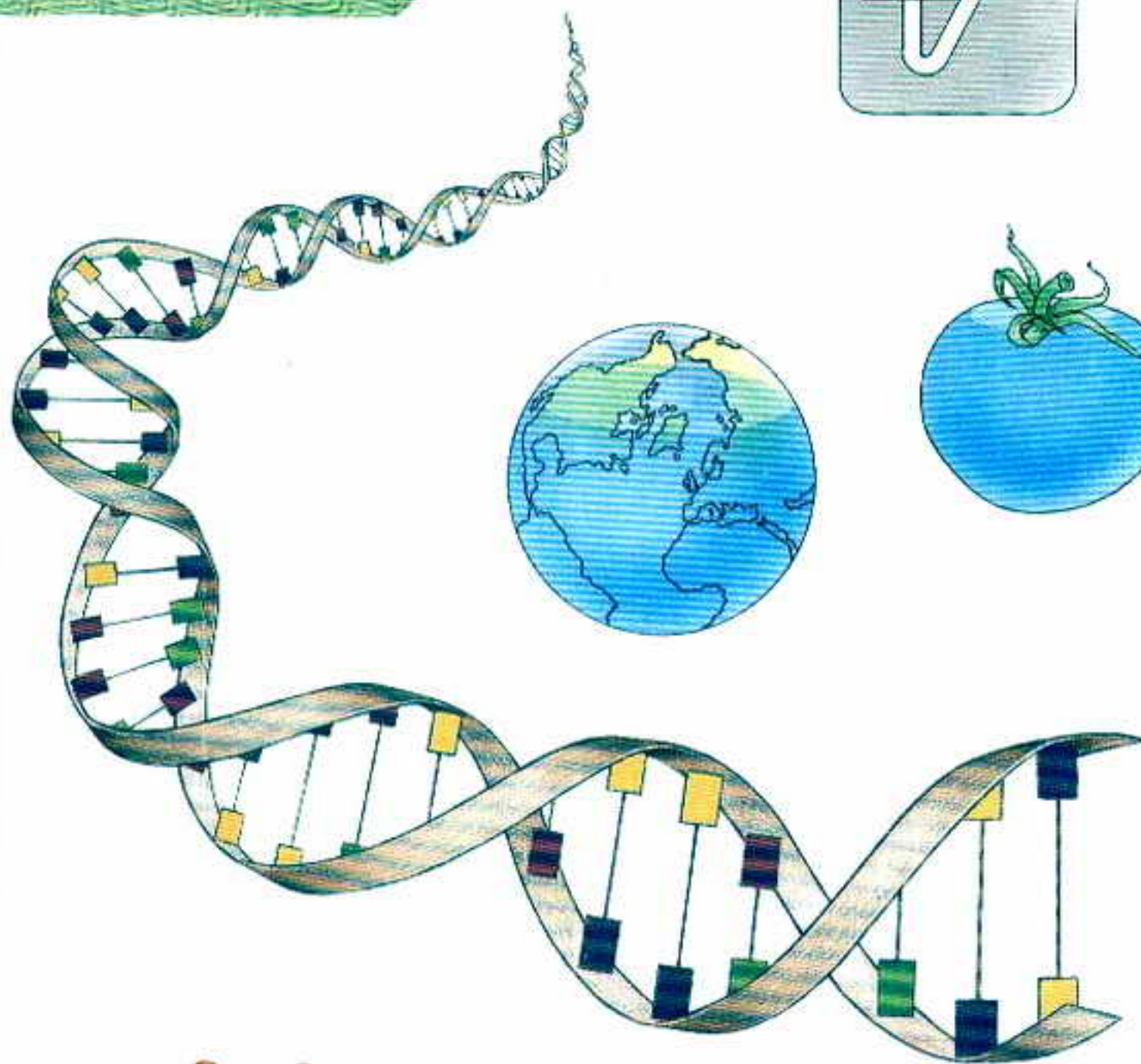
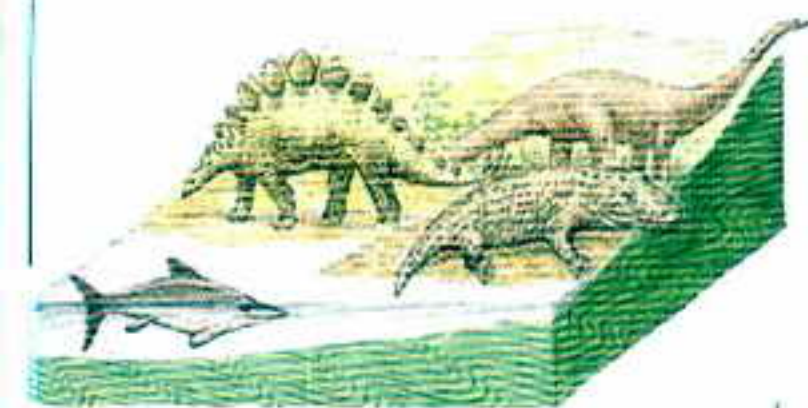
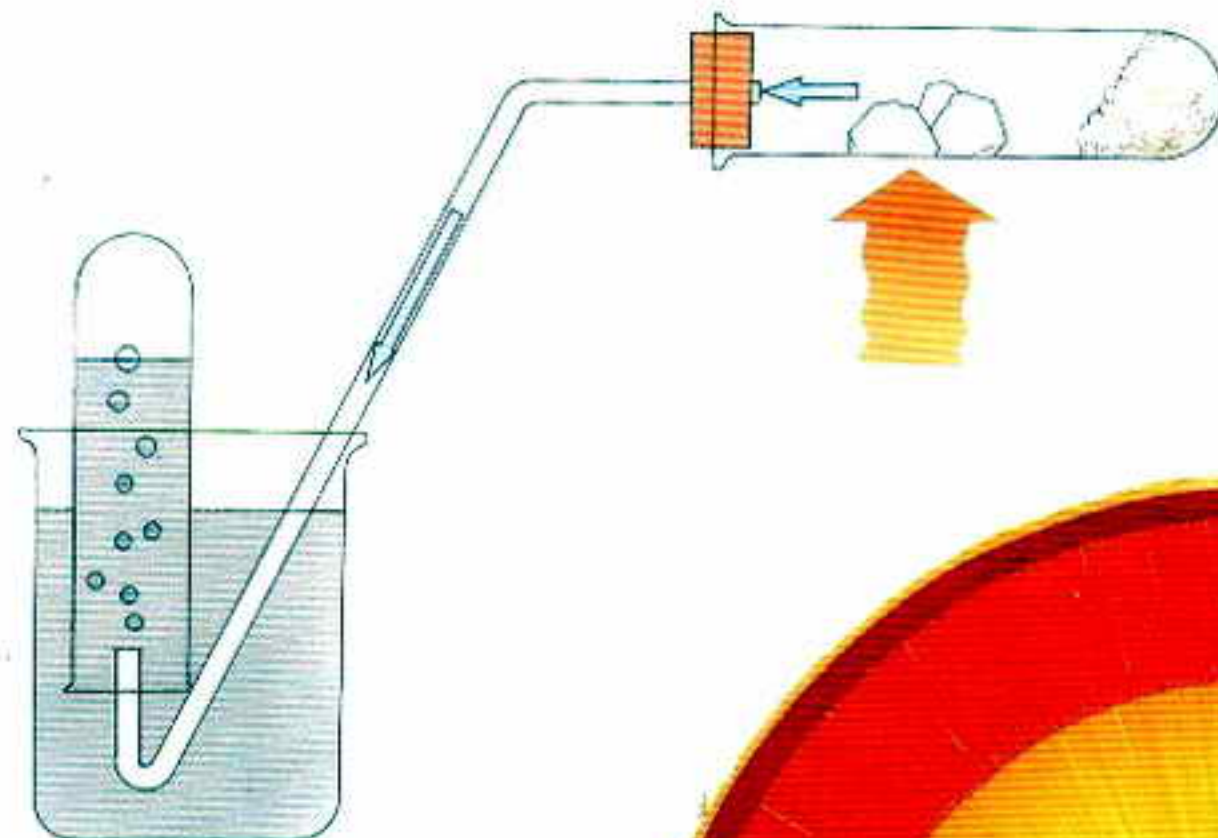
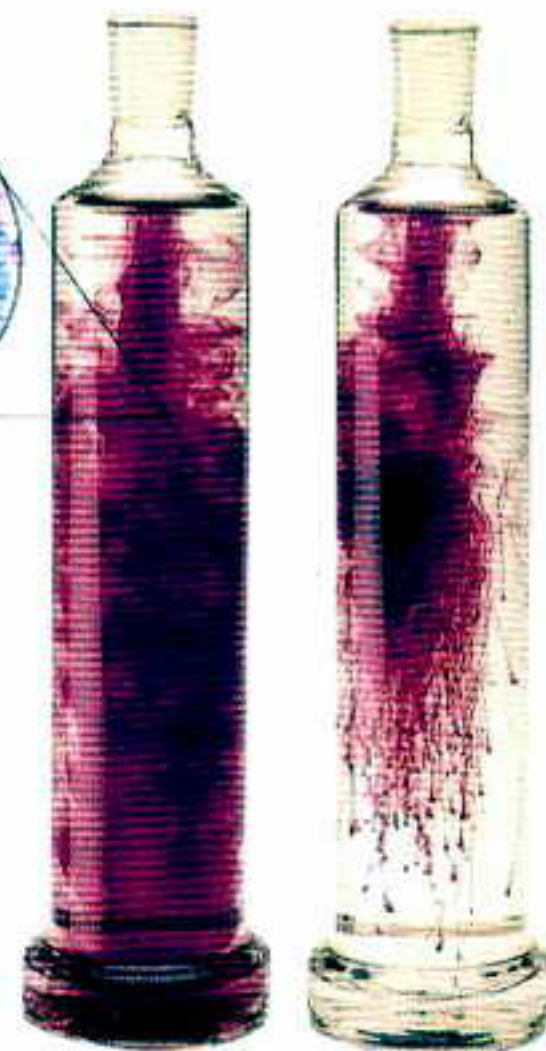
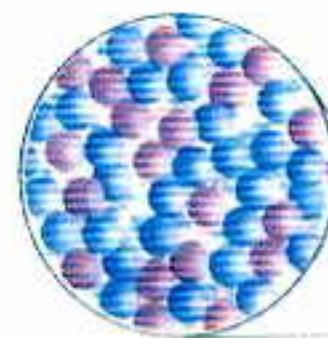
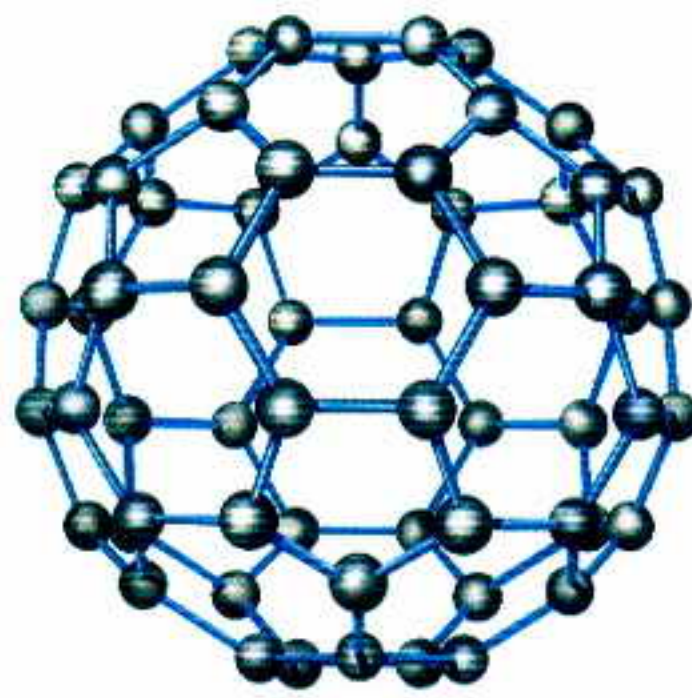
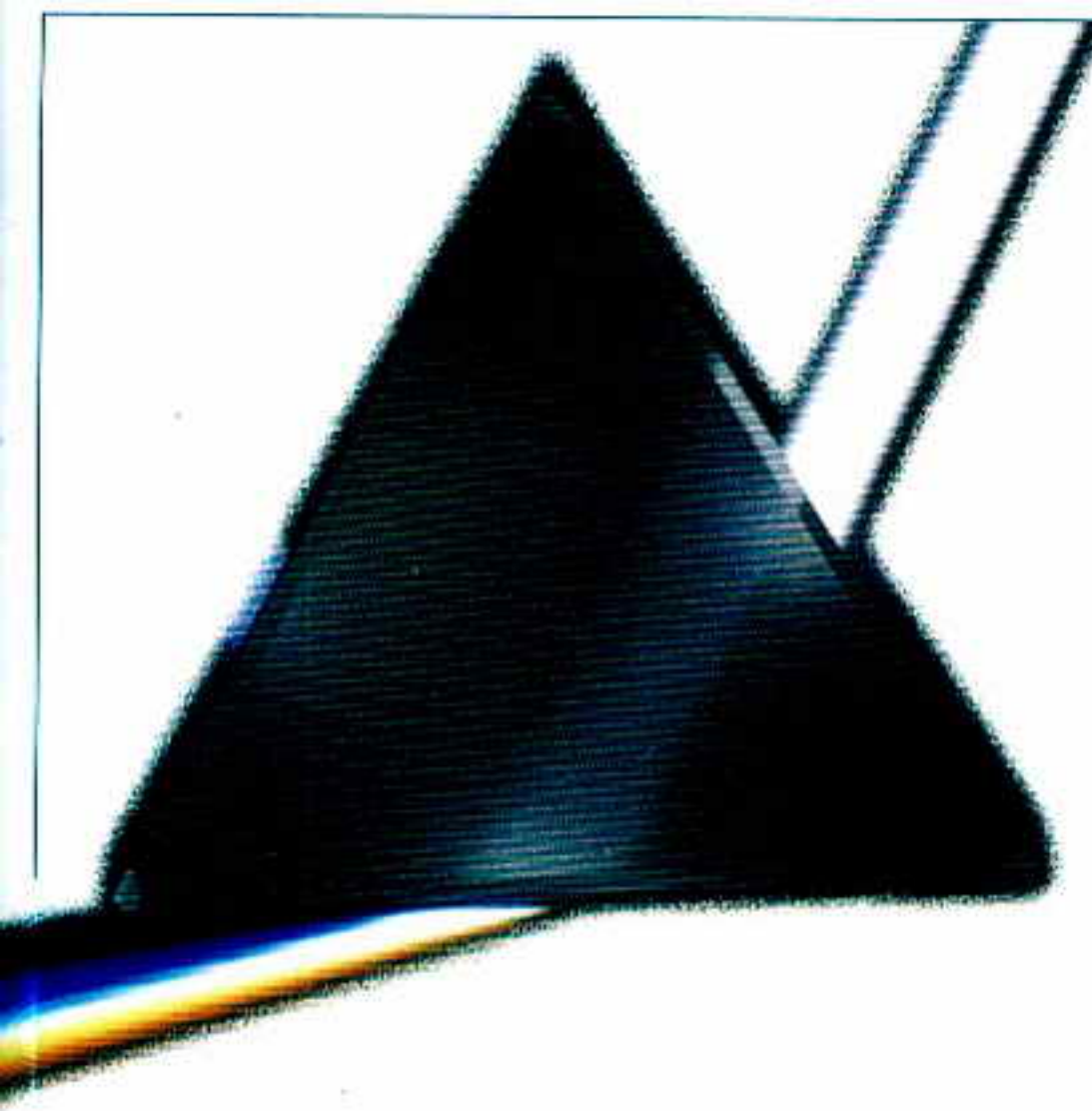
أحمد شفيق الخطيب

يوسف سليمان خير الله

رئيس التحرير

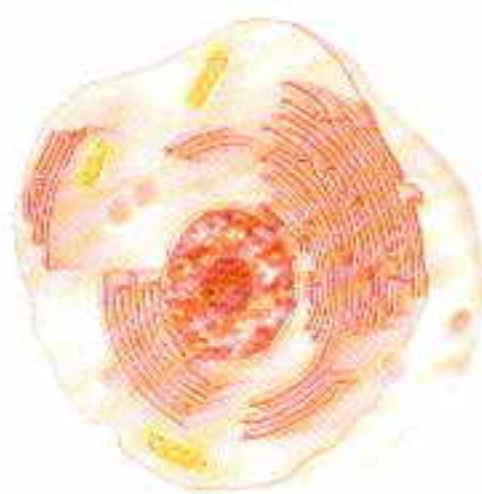
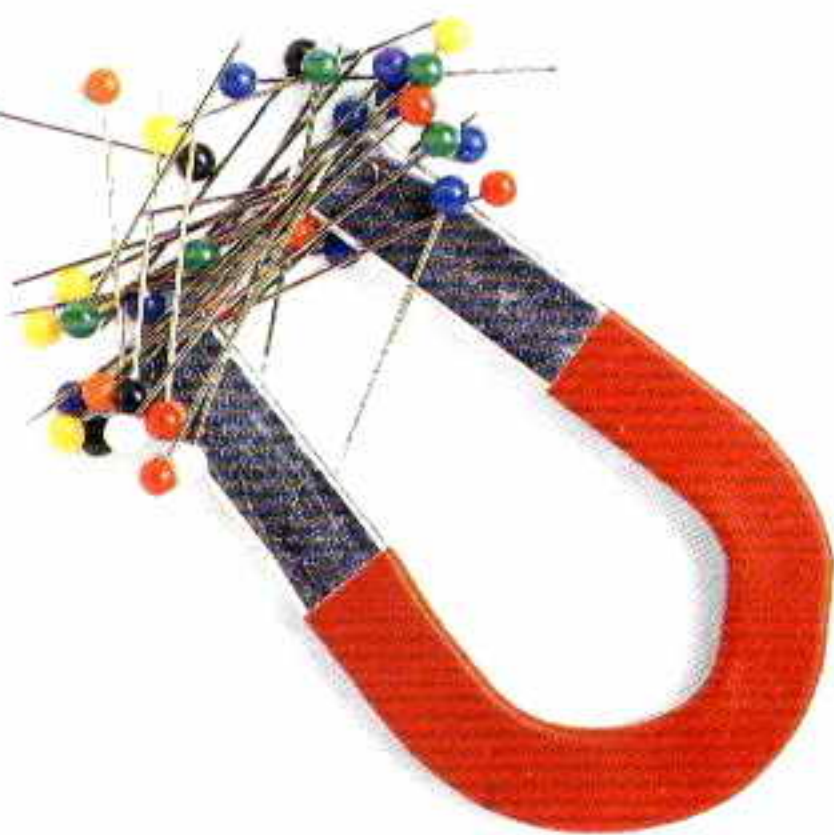
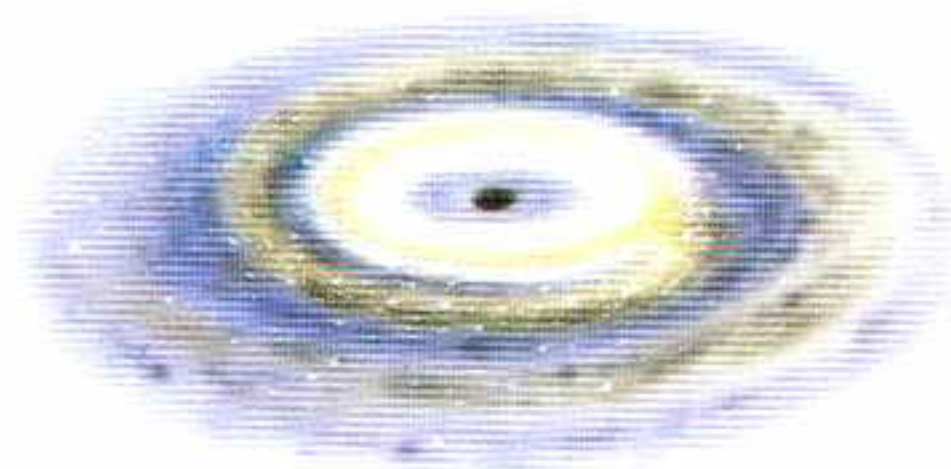
أحمد شفيق الخطيب

مكتبة لبنان ناشرون





الموسوعة العلمية الشاملة



مكتبة لبنان ناشرون

المحتويات

٨١

المواد

- ٨٢ صناعة الكيماويات
- ٨٣ الماء - مُعالجته وصناعاته
- ٨٤ الحديد والفولاذ
- ٨٦ النحاس
- ٨٧ الألومنيوم
- ٨٨ السبائك
- ٨٩ حامض الكبريتيك
- ٩٠ الأمونيا
- ٩١ الكيمياء الزراعية
- ٩٢ صناعة الأغذية
- ٩٤ صناعة القلويات
- ٩٥ الصابون والمنظفات
- ٩٦ منتجات الفحم
- ٩٧ منتجات الغاز
- ٩٨ منتجات النفط
- ١٠٠ المكثورات
- ١٠٢ الأصباغ والخشب
- ١٠٣ مستحضرات التجميل
- ١٠٤ الكيمياء في الطب
- ١٠٦ المواد اللصوقة
- ١٠٧ الألياف
- ١٠٨ الورق
- ١٠٩ الخزفيات
- ١١٠ الزجاج
- ١١١ تصميم المواد
- ١١٢ التلوث الصناعي



١١٣

القوى
والطاقة

- ١١٤ القوى
- ١١٦ جمع القوى ومحصلاتها
- ١١٧ القوى المتوازنة
- ١١٨ السرعة
- ١١٩ التسارع

٤٢ التبريد

٤٣ الفسفور

٤٤ الأكسجين

٤٥ الكبريت

٤٦ الهالوجينات

٤٧ الهيدروجين

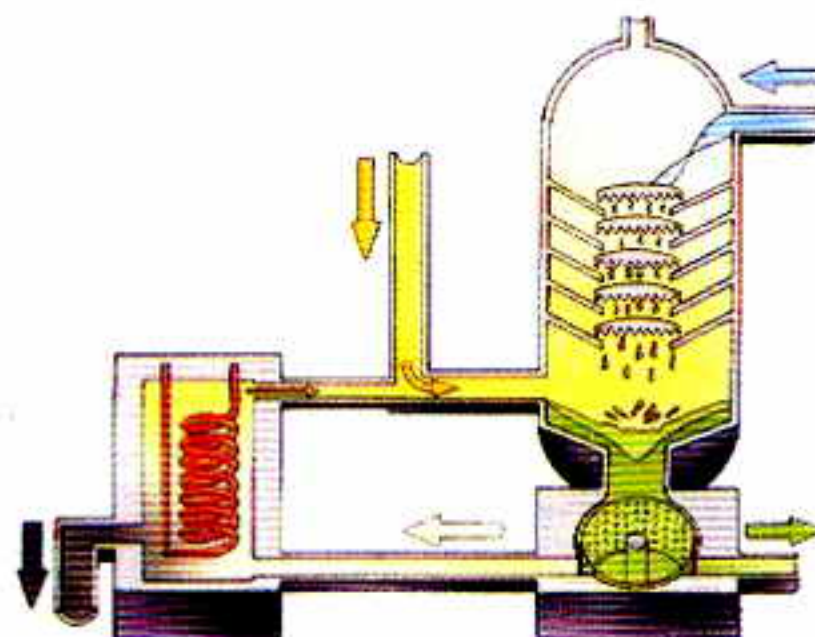
٤٨ الغازات النبيلة



٤٩

التفاعلات

- ٥٠ النظرية الحركية
- ٥١ سلوك الغازات
- ٥٢ التفاعلات الكيماوية
- ٥٣ توصيف التفاعلات
- ٥٤ التفاعلات العكوسة
- ٥٥ سرعة التفاعلات
- ٥٦ الحفازات
- ٥٨ المركبات والمزيجات
- ٦٠ المحاليل
- ٦١ فصل المزيجات
- ٦٢ التحليل الكيماوي
- ٦٤ الأكسدة والاختزال
- ٦٦ سلسلة التفاعلية
- ٦٧ الكهنة (التحليل بالكهرباء)
- ٦٨ الحوامض
- ٧٠ القلويات والقواعد
- ٧٢ قياس الحمضية
- ٧٣ الأملاح
- ٧٤ كيمياء الهواء
- ٧٥ كيمياء الماء
- ٧٦ كيمياء الجسم البشري
- ٧٨ كيمياء الأغذية
- ٨٠ الاختمار



٩-٨

إرشادات وإيضاحات

١٠

المسارات التاريخية

- ١٠ تعرف المادة وأسرارها
- ١١ تعرف خفايا الطاقة واستخداماتها
- ١٢ تعرف خفايا الأرض والفضاء
- ١٣ تعرف الكائنات الحية ودراستها

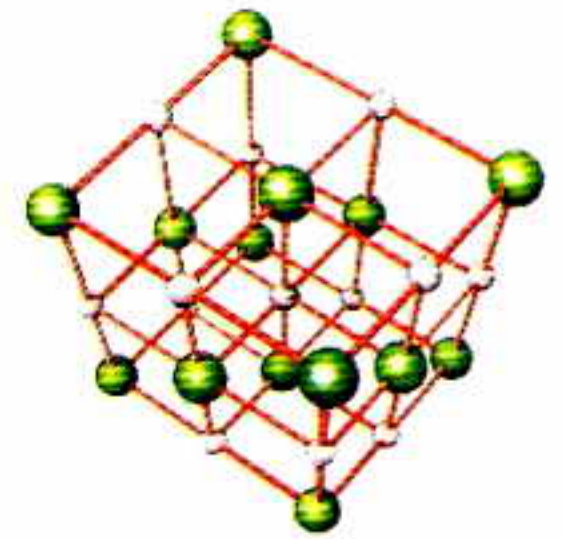
١٥-١٤

الغلماء - كيف

وماذا يعملون !

١٦

قواعد السلامة وزمورها



١٧

المادة

- ١٨ حالات المادة
- ٢٠ تغيرات الحالة
- ٢٢ خصائص المادة
- ٢٤ البنية الذرية
- ٢٦ النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية)
- ٢٨ الترابط الكيماوي
- ٣٠ البلورات
- ٣١ العناصر
- ٣٢ الجدول الدوري للعناصر
- ٣٤ الفلزات القلوية
- ٣٥ فلزات الأتربة القلوية
- ٣٦ الفلزات الانتقالية
- ٣٨ الفلزات الوضيعة
- ٣٩ أشباه الفلزات
- ٤٠ الكربون
- ٤١ الكيمياء العضوية



١٧٧

الصُّوْتُ وَالضُّوْءُ

- ٢١٦ البراكين
- ٢١٨ نُشُوءُ الْجِبَالِ
- ٢٢٠ الهَزَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ
- ٢٢١ الصُّخُورُ وَالْمَعَادِنُ
- ٢٢٢ الصُّخُورُ الْبُرْكَانِيَّةُ
- ٢٢٣ الصُّخُورُ الرَّسُوبِيَّةُ
- ٢٢٤ الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ
- ٢٢٥ الْأَخَافِيرُ
- ٢٢٦ الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جِيُولُوجِيَّةُ
- ٢٢٨ الْجَلِيدُ وَالْمَثَلِجَاتُ
- ٢٣٠ التَّجْوِيَّةُ وَالتَّحَاتُ
- ٢٣٢ أَنْوَاعُ التُّرْبَةِ
- ٢٣٣ الْأَنْهَارُ
- ٢٣٤ الْبَحَارُ وَالْمُحِيطَاتُ
- ٢٣٥ الْأَمْوَاجُ وَالْمَذَرُ (الْمَدُّ وَالْجَزْرُ)
- وَالْتِّيَّارَاتُ
- ٢٣٦ خُطُّ السَّاحِلِ
- ٢٣٨ الْفُحْمُ
- ٢٣٩ النَّفْطُ وَالْغَازُ
- ٢٤٠ رَسْمُ خَرَائِطِ الْأَرْضِ



٢٤١ الطُّقْسُ

- ٢٤٢ ضِيَاءُ الشَّمْسِ
- ٢٤٣ الْفُضُولُ
- ٢٤٤ الْمَنَاحُ
- ٢٤٦ الْمُنَاحَاتُ الْمُتَغَيِّرَةُ
- ٢٤٨ الْجَوُّ
- ٢٥٠ ضَغْطُ الْهَوَاءِ
- ٢٥١ دَرَجَاتُ الْحَرَارَةِ
- ٢٥٢ الرُّطُوبَةُ
- ٢٥٣ الْجَبْهَاتُ الْمُنَاحِيَّةُ
- ٢٥٤ الرِّيحُ
- ٢٥٦ قُوَّةُ الرِّيحِ
- ٢٥٧ الرَّعْدُ وَالْبَرْقُ
- ٢٥٨ الْأَعَاصِيرُ
- ٢٥٩ الْأَعَاصِيرُ الدَّوَامِيَّةُ
- ٢٦٠ السُّحُبُ
- ٢٦٢ تَكُونُ السُّحُبِ
- ٢٦٣ الصَّبَابُ وَالشَّبُورَةُ وَالضُّخَانُ
- ٢٦٤ الْمَطَرُ
- ٢٦٦ الثَّلَجُ
- ٢٦٧ الْبَرَدُ
- ٢٦٨ الصَّقِيعُ وَالنَّدَى وَالْجَلِيدُ
- ٢٦٩ تَأْثِيرَاتُ خَاصَّةُ
- ٢٧٠ التَّنَبُّؤُ بِالْأَحْوَالِ الْجَوِّيَّةِ
- ٢٧٢ رَصْدُ الطُّقْسِ

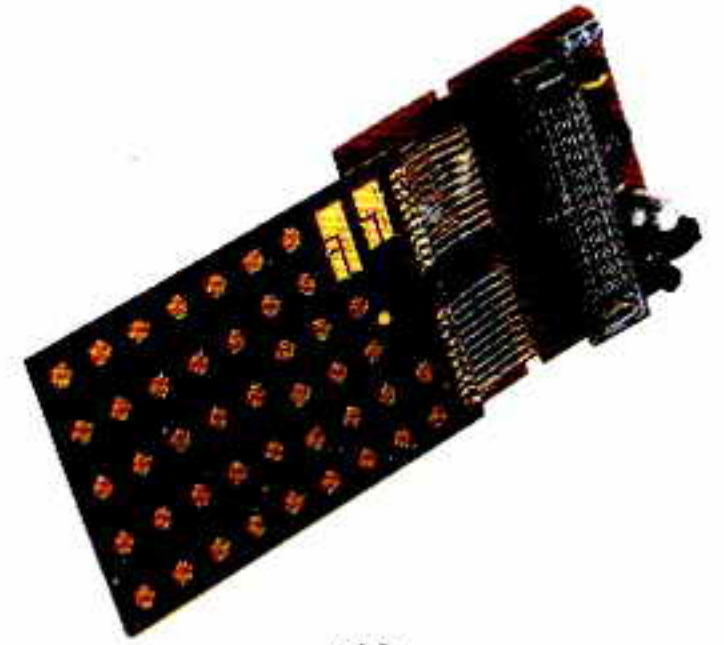


٢٠٩

الْأَرْضُ

- ٢١٠ تَكُونُ الْأَرْضِ
- ٢١٢ بَنِيَّةُ الْأَرْضِ
- ٢١٤ الْقَارَاتُ الْمُتَحَرِّكَةُ

- ١٢٠ الْقُوَى وَالْحَرَكَهَ
- ١٢١ الْإِخْتِكَاكُ
- ١٢٢ الْجَازِيَّةُ
- ١٢٣ قِيَاسُ الْقُوَى
- ١٢٤ قُوَى الدَّوْرَانِ وَالتَّدْوِيرِ
- ١٢٥ الْحَرَكَهَ الدَّائِرِيَّةُ
- ١٢٦ الْإِهْتِزَازَاتُ
- ١٢٧ الضَّغْطُ
- ١٢٨ الْقُوَى فِي الْمَوَاقِعِ
- ١٢٩ الطَّفُّوُ وَالْعَطْسُ
- ١٣٠ الْمَكْنَنَاتُ
- ١٣٢ الشُّغْلُ وَالطَّاقَةُ
- ١٣٤ مَصَادِرُ الطَّاقَةِ
- ١٣٦ الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ
- ١٣٨ تَحَوُّلَاتُ الطَّاقَةِ
- ١٤٠ الْحَرَارَةُ
- ١٤٢ إِنْتِقَالُ الْحَرَارَةِ
- ١٤٣ الْمُحَرِّكَاتُ



١٤٥

الكَهْرَبَاءُ وَالْمِغْنَطِيسِيَّةُ

- ١٤٦ الْكَهْرَبَائِيَّةُ السَّاكِتَةُ
- ١٤٨ الْكَهْرَبَاءُ التِّيَّارِيَّةُ
- ١٥٠ الْخَلَايَا وَالْبَطَارِيَّاتُ
- ١٥٢ الدَّارَاتُ الْكَهْرَبَائِيَّةُ
- ١٥٤ الْمِغْنَطِيسِيَّةُ
- ١٥٦ الْكَهْرِمِغْنَطِيسِيَّةُ
- ١٥٨ الْمَحَرِّكَاتُ الْكَهْرَبَائِيَّةُ
- ١٥٩ الْمُؤَلَّدَاتُ
- ١٦٠ مَوَارِدُ الْكَهْرَبَاءِ
- ١٦١ الْكَهْرَبَاءُ فِي الْبَيْتِ
- ١٦٢ الْإِتِّصَالَاتُ الْبُعَادِيَّةُ
- ١٦٤ الرَّادِّيُو
- ١٦٦ التَّلْفِزْيُونُ
- ١٦٨ مَقْوَمَاتُ الْإِلِكْتَرُونِيَّةِ
- ١٧٠ الدَّارَاتُ الْمُتَكَامِلَةُ
- ١٧٢ الْحَاسِبَاتُ
- ١٧٣ الْحَوَاسِيِبُ
- ١٧٥ إِسْتِخْدَامُ الْحَوَاسِيِبِ
- ١٧٦ الرُّبُوتَاتُ



٣٦٩ البيئيات

- ٣٧٠ الغلاف الحيوي
- ٣٧٢ دورات في الغلاف الحيوي
- ٣٧٤ البشر وكوكبهم
- ٣٧٦ الفضلات وإعادة تدويرها
- ٣٧٧ السلاسل والشبكات الغذائية
- ٣٧٨ الجماعات الحيوانية
- ٣٧٩ التعايش المشترك
- ٣٨٠ اللون والتنمويه
- ٣٨١ الهجرة والإسبات
- ٣٨٢ مناطق القطبين والتندرا
- ٣٨٤ الجبال
- ٣٨٥ الشواطئ
- ٣٨٦ المحيطات
- ٣٨٨ الأنهر والبحيرات
- ٣٨٩ المناطق الرطبة
- ٣٩٠ الصحاري
- ٣٩٢ السهوب العشبية
- ٣٩٤ الغابات المطيرة الاستوائية
- ٣٩٦ غابات المنطقة المعتدلة
- ٣٩٧ البلدان والمدن
- ٣٩٨ الحياة البرية في خطر
- ٤٠٠ الحفاظ على البيئة الطبيعية

٤٠١ - ٤٢٥

حقائق ومعلومات

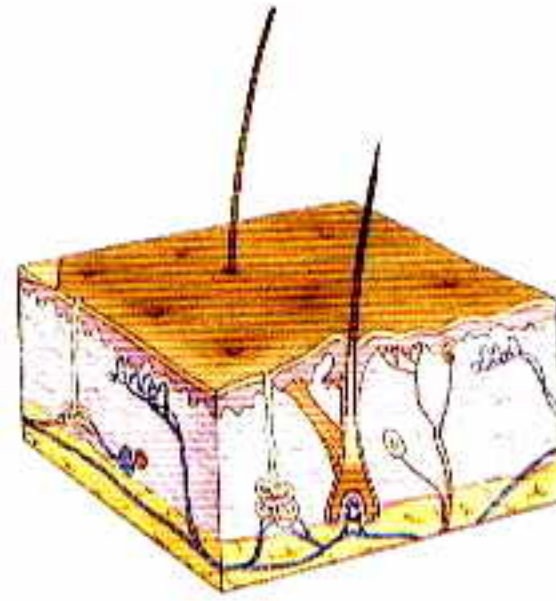
٤٢٦ - ٤٣٣

مسرود التعريفات

٤٣٤ - ٤٤٥

الفهرس العام

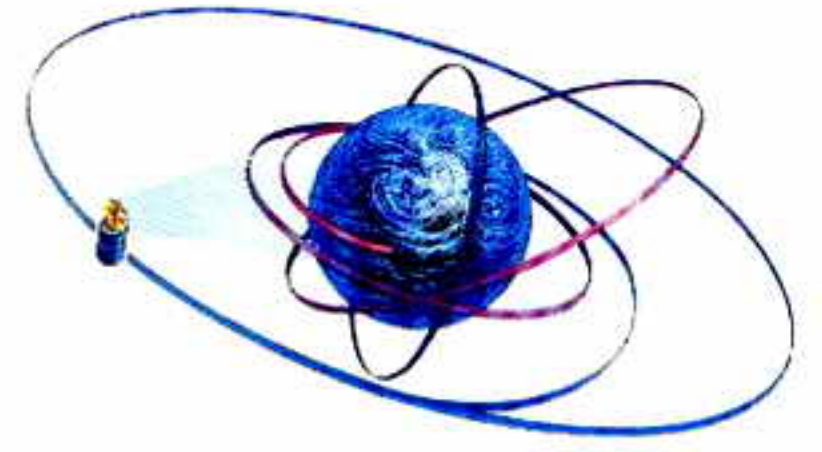
- ٣١٥ الفطريات
- ٣١٦ اللازهريات
- ٣١٧ الصنوبريات
- ٣١٨ النباتات المزهرة
- ٣٢٠ قنديل البحر وشقائق البحر والمرجان
- ٣٢١ الديدان
- ٣٢٢ المفصليات
- ٣٢٤ الرخويات
- ٣٢٥ نجم البحر والزقيات
- ٣٢٦ الأسماك
- ٣٢٨ البرمائيات
- ٣٣٠ الزواحف
- ٣٣٢ الطيور
- ٣٣٤ اللبونات
- ٣٣٦ الرئيسات



٣٣٧

الكائنات الحية كيف تعمل

- ٣٣٨ الخلايا
- ٣٤٠ التخليق الضوئي
- ٣٤١ نظام النقل في النبات
- ٣٤٢ الغذاء
- ٣٤٣ الاغذية
- ٣٤٤ الأسنان والفكان
- ٣٤٥ الهضم
- ٣٤٦ التنفس الخلوي
- ٣٤٧ التنفس
- ٣٤٨ الدم
- ٣٤٩ الدورة الدموية
- ٣٥٠ البيئة الباطنية (في الأحياء)
- ٣٥٢ الهياكل الداعمة
- ٣٥٤ الجلد
- ٣٥٥ العضلات
- ٣٥٦ الحركة
- ٣٥٨ الحواس
- ٣٦٠ الأعصاب
- ٣٦١ الدماغ
- ٣٦٢ النمو ومراحله
- ٣٦٤ الوراثة
- ٣٦٦ التكاثر اللاجنسي
- ٣٦٧ التناسل الجنسي
- ٣٦٨ التناسل البشري



٢٧٣

الفضاء

- ٢٧٤ الكون
- ٢٧٥ أصل الكون
- ٢٧٦ المجرات
- ٢٧٨ النجوم
- ٢٨٠ دورة حياة النجوم
- ٢٨٢ الكوكبات (الأبراج)
- ٢٨٣ النظام الشمسي
- ٢٨٤ الشمس
- ٢٨٦ عطارد والزهرة
- ٢٨٧ الأرض
- ٢٨٨ القمر
- ٢٨٩ المريخ
- ٢٩٠ المشتري
- ٢٩١ زحل
- ٢٩٢ أورانوس
- ٢٩٣ نبتون وبلوتو
- ٢٩٤ الكويكبات
- ٢٩٥ المذنبات والنيازك
- ٢٩٦ علم الفلك
- ٢٩٧ التلسكوبات الأرضية
- ٢٩٨ تلسكوبات الفضاء
- ٢٩٩ الصواريخ
- ٣٠٠ السواتل (الأقمار الصناعية)
- ٣٠١ السواير الفضائية
- ٣٠٢ الإنسان في الفضاء
- ٣٠٤ المحطات الفضائية



٣٠٥

الكائنات الحية

- ٣٠٦ ماهية الحياة
- ٣٠٧ كيف ابتدأت الحياة
- ٣٠٨ النشوء والتطور
- ٣٠٩ آلية التطور
- ٣١٠ تصنيف الكائنات الحية
- ٣١٢ الحُمات (الفيروسات)
- ٣١٣ الجراثيم (البكتيريا)
- ٣١٤ المتعضيات الوحيدة الخلية

إرشادات وإيضاحات

الزواحف. عندما تطلب مدخلا حول موضوع ما، أنظر أولاً موقعه في صفحة المحتويات أو أطلبه في الفهرس لإيجاد الصفحات التي تحوي معلومات حول الموضوع الذي تريده.

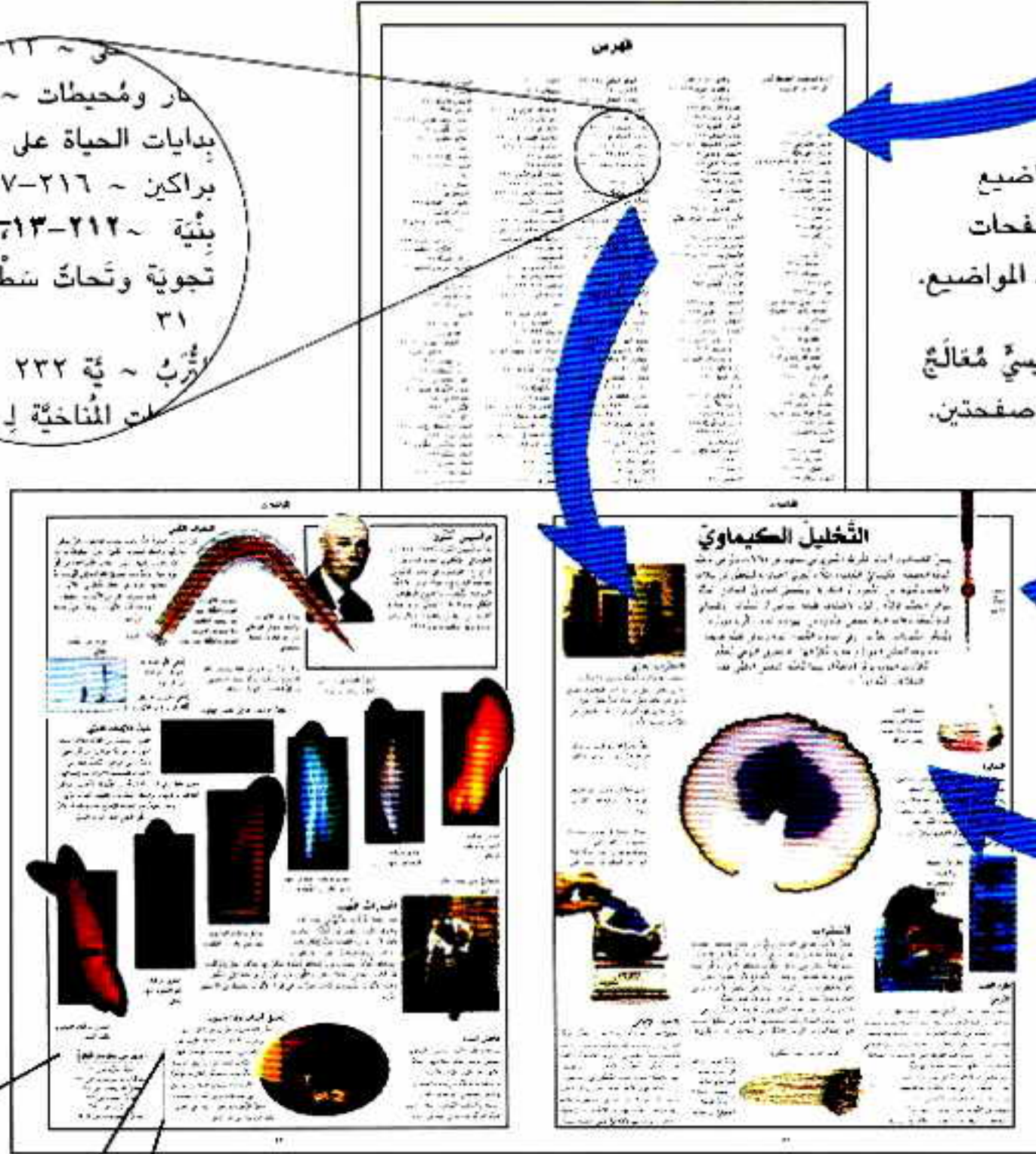
تبين لك هاتان الصفحتان طريقة استخدام الموسوعة وتقسيماتها. هنالك اثنا عشر مبحثاً عاماً، كالتفاعلات والكائنات الحية. وضمن كل مبحث هنالك مداخل رئيسية حول الموضوع، مثل كيمياء الأغذية أو

الفهرس في نهاية الموسوعة يدرج كامل مواد الموسوعة ومداخلها.

رقم الصفحة بالحرف العادي
يُحيلك إلى المرجع ضمن مواد الموسوعة.
رقم الصفحة بالحرف الأسود
يُحدد المدخل الرئيسي.
أما رقم الصفحة بالحرف المائل
فيُحيلك إلى الصفحات ضمن قسم حقائق ومعلومات.

المباحث العلمية

المعلومات في هذه الموسوعة مرتبة حسب المواضيع. فكل مدخل يُعطي معلومات وافية عن موضوع معين؛ وهذا يناسب بخاصة الطلاب الذين يحضرون مشاريع عملية علمية. وبمراجعة صفحات أخرى في القسم نفسه يمكنك أن تتقصى جوانب الموضوع وتستوعب تفاصيله. هذه الصفحة عن موضوع التحليل الكيماوي مثلاً، هي من قسم التفاعلات. فالكلمات والنص تبرز مواضيع أخرى وثيقة العلاقة بهذا الموضوع، كالاستشراب واختبارات اللهب، بأسلوب واضح مُشوق.



البنية الذرية تُبين لك طبيعة الذرات ومكوناتها.

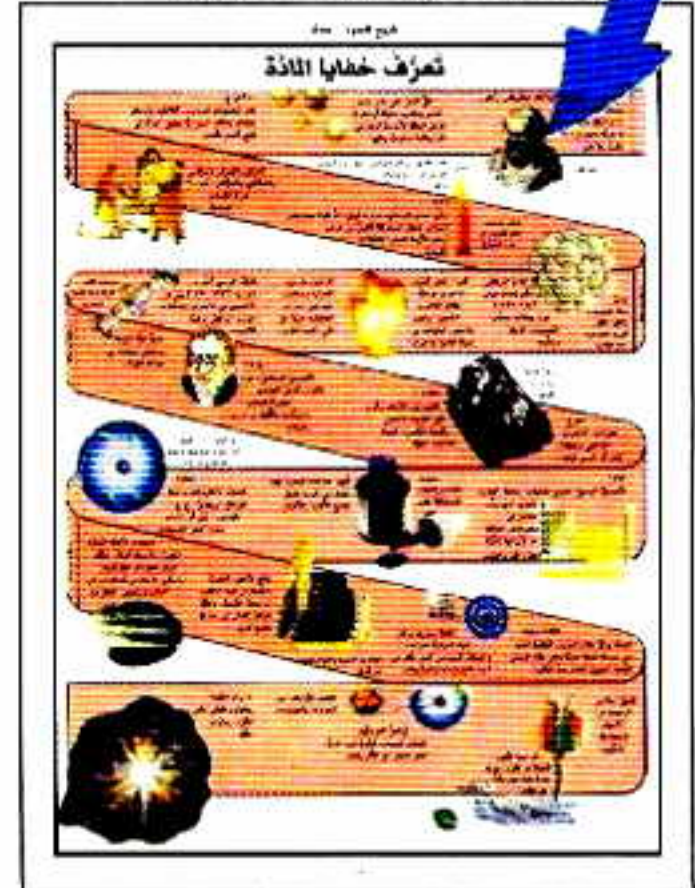
في موضوع «مصادر الضوء» شرح لأسباب ابتعاث الذرات للضوء عند إحمائها - وكيف أن خطوط الطيف الضوئي المنبعث من العنصر تستخدم لتحديد هويته.

الوراثيات تُبين لك كيف أن الالامور الكيماوي في دننا يجعل كل مخلوق فريداً.

الوراثيات (علم الوراثة) هي العلم الذي يدرس كيفية انتقال الصفات من الآباء إلى الأبناء.

المسارات التاريخية

يتصدّر الموسوعة أربعة مسارات تاريخية تعرض التسلسل الزمني لتطور فروع العلم المختلفة من أقدم العصور حتى العصر الحاضر. تتمحور هذه المسارات حول المباحث التالية: المادة، الطاقة، الأرض والفضاء، والكائنات الحية.



لمزيد من المعلومات انظر

البنية الذرية ص ٢٤
المركبات والمزيجات ص ٥٨
فصل المزيجات ص ٦١
مصادر الضوء ص ١٩٣
الوراثيات ص ٣٦٤
حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

لمزيد من المعلومات

في أسفل الزاوية اليسرى من كل صفحة إطار يُندرج ضمنه قائمة بصفحات أخرى من الموسوعة تجد فيها مزيداً من المعلومات عن موضوع بحثك. مثلاً إطار «المزيد من المعلومات» في صفحة التحليل الكيماوي يُورد قائمة من ستة مداخل وثيقة العلاقة بالموضوع مع أرقام صفحاتها.

إطار «المزيد من المعلومات» عن مصادر الضوء يُحيلك إلى أربعة مداخل ذات علاقة بالموضوع هي: الغازات النبيلة، التفاعلات الكيماوية، موارد الكهرباء، والألوان.

تَعْرِفُ خَفَايا المادّة

٤٠٠ ق.م. الفيلسوفان اليونانيان ديمقريطس وأبيقور،
يُعلّمان أنّ المادّة تتألف من
ذرات دقيقة دائية الحركة،
لا تُدرك بالحواس، لا
تقسم ولا تُفنى.



ديمقريطس

ظنّ الناس على مدى مئات
السنين يعتقدون بمقولة أرسطو إنّ
عناصر المادّة الأساسية أربعة هي:
النار والماء والتراب والهواء.

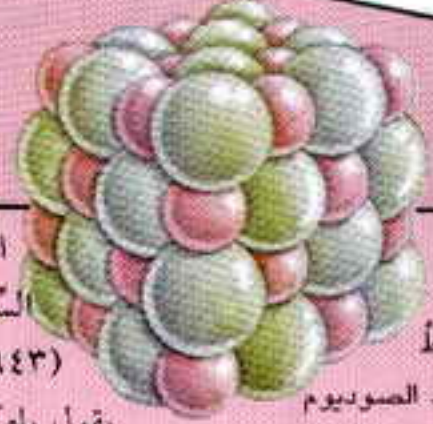
يعتبر أفلاطون أنّ هذه الجسيمات تمثل ذرات العناصر
الأربعة: النار والماء والتراب
والهواء.

٣٠٠ ق.م.
كان الفيلسوفان اليونانيان، أفلاطون وأرسطو
يعتقدان بإمكان استمراريّة تقطيع المادّة إلى
قطع أصغر فأصغر.



الحرفيون المهرة، كالمُعدّنين
والصبّاغين والخُرّافين، هم
خبراء التقانات
الصناعيّة.

تنتشر جزيئات
الغاز (البروم) في
هواء المختبرين.



ترابط
ذرات الصوديوم
والكلور لتكوّن
كلوريد الصوديوم
(ملح الطعام).

عُلماء العصر يُفسّرون
الاحتراق بفرضيّة
انطلاق اللاهوب
(العنصر الملتهب
اللامنظور المتواجد في
المواد القابلة للاحتراق).



الباحثون يدرسون
الحرارة ويستقصون
خصائص الغازات
المكتشفة حديثاً مثل
ثاني أكسيد الكربون.

العالم الفرنسي أنطوان
لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤) يبيّن دور
الأكسجين في الاحتراق وتفاعلات
أخرى، ويدحض فرضيّة
اللاهوب.



١٨٠٨
الكيميائي البريطاني، جون
دالتون، يُدخل المفاهيم
العصريّة للعناصر
والمركّبات وتألفها من ذرات
وجزيئات.

١٨٣٠

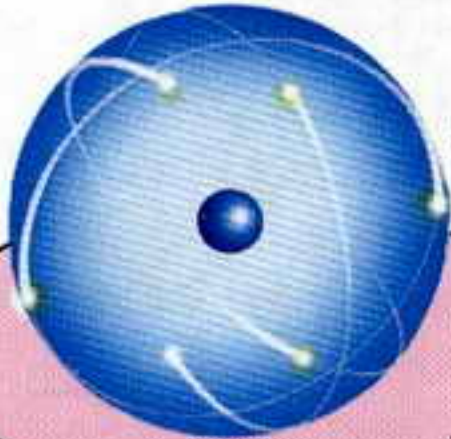
الكيميائيون الألمان برنارد
على الكربون كأساس
للكيمياء العضوية (كيمياء
الكائنات الحيّة).



يتكوّن الفحم
أساساً من
الكربون.

إختراع
محركات الاحتراق
الداخلي باستخدام
الغاز أو البنزين كوقود.

في العام ١٩١٣ اكتُشف أنّ
الذرة تحوي نواة صغيرة يُحيط
بها إلكترونات أصغر.



١٨٩٧

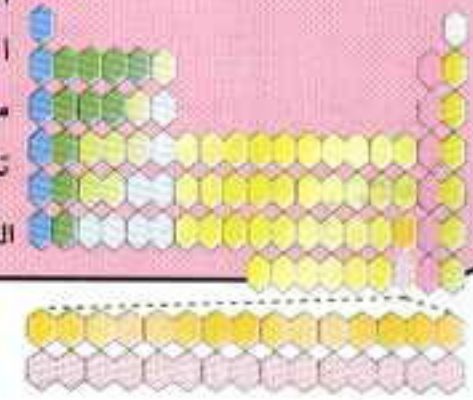
اكتشاف الإلكترونات بواسطة
الفيزيائي البريطاني، ج.ج.
طومسون، يبيّن أنّ الذرات
ليست أصغر الجسيمات.

ظهور صناعات كيمياوية مهمّة
جديدة في ألمانيا تشمل
تصنيع الأدوية والأصباغ.



استخدام
الأصباغ والخشب
الاصطناعيّ لتلوين
الجبر.

١٨٦٩
الكيميائي الروسي، دميتري مندلييف، يستنبط الجدول
الدوري الذي يُرتّب
العناصر في
مجموعات متماثلة
تبعاً لأوزانها الذريّة.
الجدول الدوري للعناصر



استخدام الأشعّة السينيّة،
المُضيرة بالأنسيحة أصلاً، مُلقّفة
لتوفير معلومات طبيّة مُفيدة،
وتمكن الأطباء من مُشاهدة دواخل
الجسم وتشخيص العلل فيه.

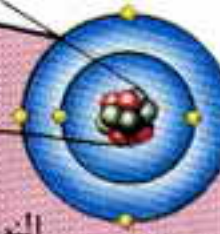


إنتاج الأجهزة التلفونيّة
بالمُحملة من لُذينة الباكليت
الراتنجيّة الصنعيّة، وتطوّر
صناعة اللدائن إلى صناعة
عالمية كبرى.



الكثير من الأجهزة والأدوات تُصنع
من اللدائن

١٩٣٩-١٩٤٥
البُحث يتركّز خلال الحرب العالميّة الثانية
على صناعة القنبلة الذريّة وعلى عقار البينيلين،
المُضاد الحيويّ الفعّال ضدّ البكتيريا.



لا يزال العلماء
يحاولون تقصي أضلّ
الكوّن وبدايات
خلقه.

اكتشاف الكواركات داخل
البروتونات والنيوترونات.

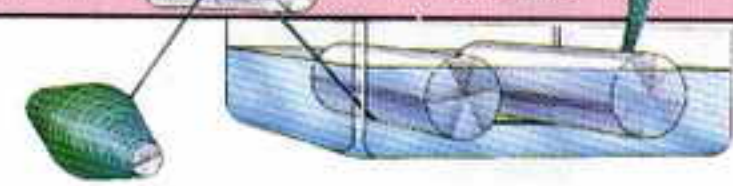


يواصل الفيزيائيون
اكتشاف جسيمات صُغريّة دون الذريّة
أصغر فأصغر مثل الكواركات.

تصنيع الملابس
الرخيصة من
الأقمشة
الاصطناعيّة
كالنيلون.



تُبرّد لُذينة النيليون،
المُنصبة عبر الثقوب، خيوطاً
جامدة متينة تُغزل وتُلف
على بكرات.



تَعْرِفُ خفايا الطاقة واستخداماتها

الحضارات الأولى تعتمد على قدرة الرياح وعلى القوة العضلية في الشق والبناء، وتستخدم الحطب كمصدر حرارة.



عالم الرياضيات اليوناني، أرخميدس، يضع مبادئ علم الميكانيكا ويخترع الكثير من النابض والآلات المهمة.



لؤلؤ أرخميدس

على مدى مئات السنين، ظلت نظريات وأفكار الفيلسوف اليوناني، أرسطو، مهيمنة على مختلف مجالات الفكر والمعرفة.

الفيزيائي وعالم الفلك الإيطالي، غاليليو، يؤكد على استخدام التجربة والاختبار والقوانين الرياضية في تقصي أسرار الطبيعة.



جهاز تبيّن تجارب غاليليو على المقذوفات.

1687
إسحق نيوتن
ينشر نظريته عن الجاذبية، بقانون رياضي فريد يحدد حركة الكواكب البعيدة كما يحدد حركة الأشياء على الأرض.



1745
التقاضي يحتدم لسنوات عديدة بين مؤيدي نيوتن في أن الضوء يتألف من جسيمات دقيقة وبين مؤيدي الفيزيائي الهولندي، هيجنز، في أن الضوء ذو طبيعة تموجية.

1745
اختراع وعاء ليدين، الذي يخزن الشحنات الكهربائية الساكنة، يمكن العلماء من إجراء تجارب كهربائية جديدة.



1770-1776
المحركات البخارية الأولى تحمل محل الأخصنة في ضخ الماء من مناجم القصدير وتطوّر المحركات البخارية لاحقاً إلى قاطرات.



1799
اليساندر وولتا، في إيطاليا، يخترع البطارية، أول مصدر للكهرباء الثابتة.

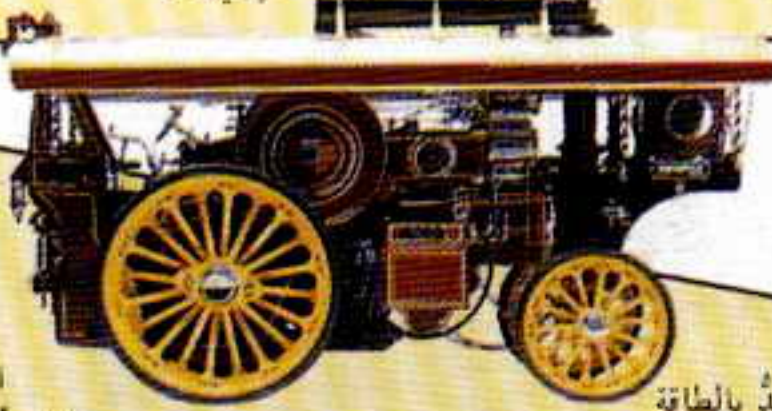
1800-1801
باستخدامهم تقنيات رياضية متقدمة واختبارات دقيقة، الباحثون الفرنسيون يوظفون النظرية الموجية للضوء.



1820-1831
العالم البريطاني، مايكل فارادي، يستخدم قوى التجاذب والتنافر المغناطيسية كأساس لطعن الدينامو (المولد الكهربائي) عماد توليد الكهرباء الصناعية والمنزلية.



المحركات البخارية تُمدّ بالطاقة المعامل الجديدة والقطارات، جاعلة من بريطانيا أولى البلدان الصناعية في العالم.



1888
مع تزايد أهمية المكائن، يقوم الفيزيائيون والمهندسون بدراسة العلاقات بين الحرارة والقدرة والشغل.

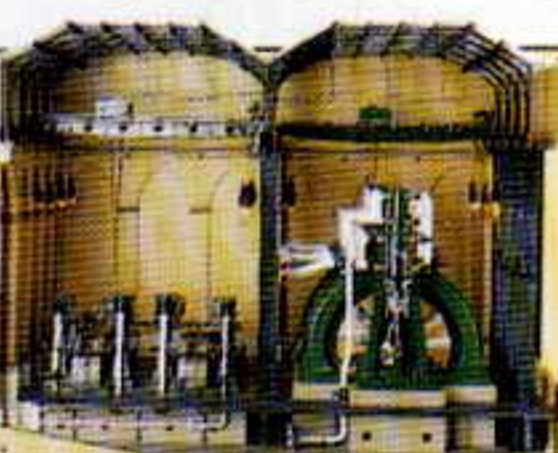


1888
الفيزيائي الألماني، هيرتز، يبتعث أمواجاً راديوية (لاسلكية) في مختبره، وهو اكتشاف علمي بالغ الأهمية.



شكّات الغاز والكهرباء تبدأ في تغيير أساليب الصناعة ونمط حياة الناس اليومية أيضاً.

1915
العالم الألماني المولد، ألبرت أينشتاين، يحدث تغييراً جذرياً في آرائنا حول الكون بإخراجه النظرية النسبية العامة على أسس رياضية.



في العام 1919، ارتأى أينشتاين أن مساز شعاع ضوئي ينحني بالجاذبية. وقد تأيّد ذلك بالملاحظات التي أجريت على ضوء النجوم أثناء كسوف الشمس.



النظريات الحديثة لميكانيكا الكم تحدد طبيعة الضوء كشيء من الفوتونات الدقيقة تعمل كأموّج وكجسيمات.

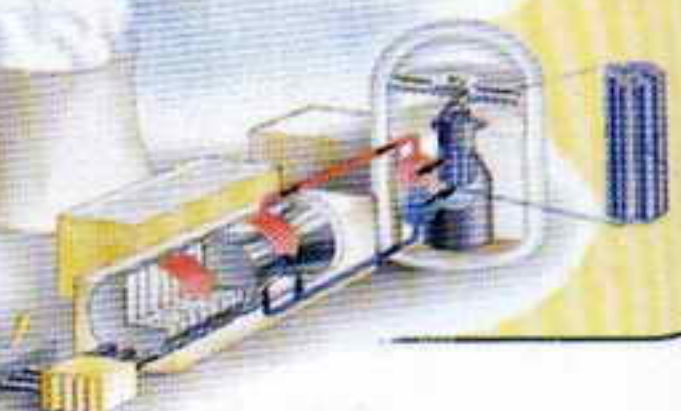
العالم البريطاني، جيمس جُول (1818-1889) يحدد العلاقة بين الشغل والحرارة (بإيجاد المكافئ الميكانيكي للحرارة).

1945
العالم يُدخل بالقدرة التدميرية للقنبلة الذرية بعد قُبْلتي هيروشيما وناغازاكي.



المحطّات الحديثة لتوليد الكهرباء تُسخر الطاقة النووية لأغراض السلام.

حزم الضوء الفائقة القدرة التي تُنتجها الليزر سرعان ما يُوجد لها استخدامات عدّة في الفيزياء والطب والصناعة.



سرعات الشقّ تزايدت بينما يحطّ الأمريكيون على سطح القمر وتكبيّل الكونكورد رحلتها البكر عام 1969.



1979
بدراستهم للقوى الكونية الأربع، يربط الفيزيائيون بنجاح بين القوى الكهرومغناطيسية وبين القوى النووية الضعيفة.



يتزايد اهتمام البيئيين باستخدام مصادر قُدرة أكثر أماناً لعدم إلحاق الضرر بالبيئة. كانت جميع المجرات في الكون تحكمها القوانين الفيزيائية نفسها.

تَعْرِفُ خَفَايا الْأَرْضِ وَالْفَضَاءِ

انتبط الإغريق خرائط مُنمَّقة مُعَقَّدة للسماء
مُسْتوحاة من اعتقادهم بالمخلوقات
الأسطورية.



مُعظم فلاسفة الإغريق
يرتأون أن الأرض ثابتة
في مركز الكون.

شُعوب الحضارات القديمة لديهم آراء مُتباينة
حول الكون. فالهندوس يرون أن الأرض يحملها
أربعة فيلة تقف بدورها على ظهر لُجَاء ضخمة.



١٥٤٣

عالم الفلك
البولوني، كوبرنيكوس، يَرْتِي أن سُلوك
الأجرام السماوية يمكن تعليله بصورة أفضل إذا كانت
الأرض هي التي تدور حول الشمس.

غاليليو يُؤيد نظريات كوبرنيكوس ويستخدم
مقراباً (تلسكوباً) ليُضدِّد القمر
والكواكب.

صورة طبق الأصل عن تلسكوب
غاليليو ذي العدستين



١٧٨١

عالم الفلك البريطاني، وليام
هرشل، يرسم خرائط للنجوم ويكتشف
كوكباً جديداً هو كوكب أورانوس.



الآلات الحديثة الأكثر
دقة تمكّن الناس من
تسجيل وجمع
المعلومات عن جو الأرض. وينشأ بذلك علم
جديد هو علم الأرصاد الجوية.



بتزايد تقبل وشيوع
مفهوم إسحق نيوتن
ومقرولته بنظام
كواكبي مركزه
الشمس، ونشده إلى
أفلاكيه قوى الجاذبية.

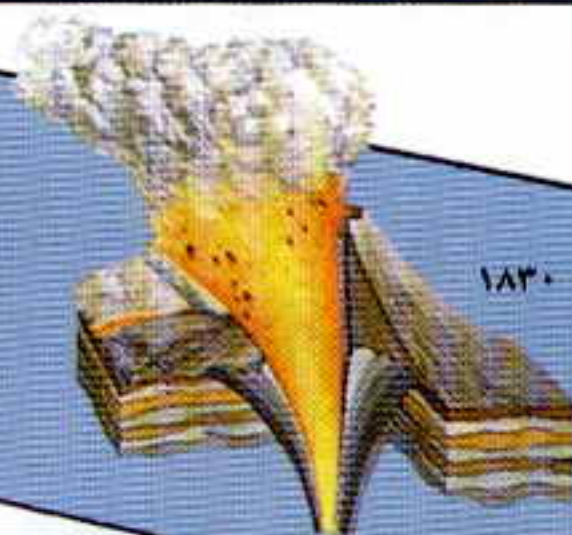


مقياس نيوتني

صفحة من
يوميات هرشل

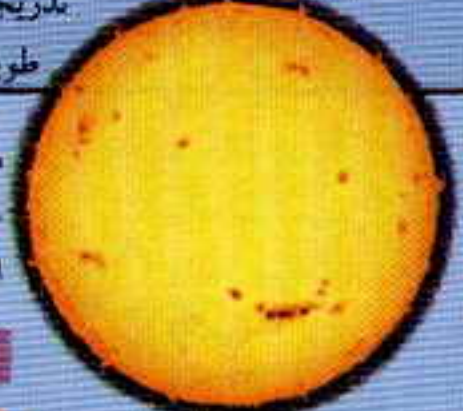


مع توسع الامبراطوريات
الأوروبية انطلقت مشاريع
واسعة المدى لرسم الخرائط
والمخططات الجغرافية
وقياس العالم من حولنا.



١٨٣٠

الجيولوجي البريطاني، شارلز لاييل،
يرتتي أن الأرض تخضع لتغيرات
تدريجية منذ دهور
طويلة.



تاريخ عيان للكون



١٨٩٦

الفيزيائي الفرنسي، هنري بيكريل،
يكتشف النشاط الإشعاعي الذي
يجعل قياس عمر الأحافير
ممكنًا.

١٩٠٨

بناء تلسكوب
جديد ضخم في مرصد جبل ويلسون
بكاليفورنيا في الولايات المتحدة.



تزايد ثقة
العلماء بأن
نصوّهم للكون
ومفاهيمهم عنه
كاملة.

١٨٨٩-١٨٨٠

مُعظم العلماء يرتأون أن
الضوء والكهرباء
يتقلان عبر وسط غير منظور
يحيط بالأرض هو الأثير.



١٩٣٥
يتواصل تنامي
معرفةنا للكون
باكتشاف بلوتو،
ودراسة المجرات
الأخرى.

١٨٦٨

غاز الهليوم، أحد أخف عناصر
الأرض، يُكتشف في طيف الشمس.



ثبُتَ خطوط فراونهوفر في طيف
الشمس العناصر المتواجدة في جُوها.



التلسكوبات الراديوية
تمكّن من مسح
واسع النطاق للكون البعيد.
ويُناقش العلماء نظريات
حول صيرورة الكون وخلفه.

ساتل ينطلق بعيداً في الفضاء



العلماء يطوّرون نظريات فلكية مُعقدة حول
صيرورة الكون في حادّث مُفرد فريد يُسمونه
الانفجار العظيم.

التنبؤ بأحوال
الطقس يصبح
بالغ الدقة بمساعدة
الحواسيب المُتعلّلة
والسواتل الدائرة حول
الأرض.

الأمريكيون والروس
يُطلقون مركبات
فضائية ماهرة لاستكشاف
القمر ويُرسلون السواتل بعيداً
في الفضاء.



العلماء الأمريكيون والبريطانيون يُجرون قياسات
تؤكد النظريات الثورية حول الانجراف الفارسي
والتكوينية اللوجية.



رُجُلَةُ الغودة في مشروع أبولو
تُطلق من العربة القمرية
مُغادرة سطح القمر عام ١٩٦٩.

يُمثّل العلماء الكون «كفّاعة»
ضخمة تتمدّد من نقطة صغيرة
حدث فيها الانفجار العظيم.

تعرّف الكائنات الحيّة ودراستها

النّاس في حضارات مصر القديمة يعتقدون بأنّ الآلهة الوثيفة الصّلة بالنبات والحيوان تؤثر في حياتهم.



باشتت إلهة المصريين القدماء - قطة.

الفيلسوف اليوناني، أرسطو، يحدّد على أهميّة دراسة الحيوانات وتصنيفها.

الكيميائيون (الكيميائيون القدماء) يحاولون تحويل الموادّ العاديّة إلى ذهب. وتجرى التجارب أيضًا على العلاجات الطيبة.



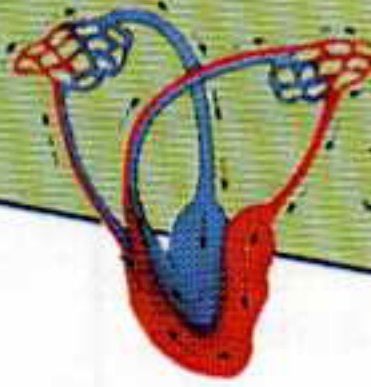
مخطوطة من القرن الرابع عشر تصوّر كيميائيًا أثناء العمل.

الطبيب الإيطالي أندرياس فيساليوس (1514-1564)، يشرح الجثث ويشرح كتبه حول تركيب الجسم البشري.



1628

الطبيب البريطاني وليام هارفي يصف كيف يضخ القلب الدّم حول الجسم باستمرار. (وكان الطبيب الدنمكي ابن النيس قد وصف ذلك بين القلب والرئتين قبله بثلاثة قرون).



مخطوط يبيّن كيفية تصنيف الحفّاز الروماني (هيليكس بوماشيا) ص 310.



مع تحسّن الأجهزة والآلات، يتمّ فحص البنية المجهرية لأنواع عديدة من النبات والحيوان بتفاصيل أدق.

1749

عالم النبات السويدي، كارل لينيوس، يبتدع النظام السائد حاليًا لتصنيف النباتات والحيوانات مستخدمًا التسمية الثنائية باللاتينية.



عالم الطبيعة الفرنسي، جورج-لويس بوفون (1707-1788) يقول باحتمال خضوع الكائنات الحيّة لتغيّرات تدريجيّة بطيئة منذ بدء الخليقة.

الأحافير تُفسّر للعالم الإحاثي الفرنسي البارون جورج كوفييه براهنة أنّ الأنواع قد تتقرّض وتُخلّق.



نظرية عالم الأحياء الفرنسي، جان لامارك (1744-1829) بأنّ الحيوانات تتوارث الصفات البيئية المكتسبة من جيل إلى جيل. تطلّ تلقى المؤيدين حتى فترة غير قصيرة من القرن العشرين.



بعد تجاربهم المجهرية التفصيلية يُقدّم علماء الأحياء الألمان نظريات جديدة حول تطوّر الأجنّة.



الباحثون الألمان يُثبتون أنّ الخلايا هي الوحدات الأساسية في بنية الأحياء النباتية والحيوانية.

أركيوتريكس



التعالث التي تعيش في المواطن الطبيعية المتناقلة، في شتات أنحاء العالم، متشابهة في الغالب لأنها مكتيفة للعيش في نظير بيئتي متناقلة.

اكتشافات أحفورية مهمّة، بما فيها حفريات الدينصورات تُجرى أوائل القرن التاسع عشر. تشير أحافير الطيور المنقرضة أركيوتريكس إلى احتمال أنّ الطيور قد تطوّرت من الزواحف.

نتيجة لتجاربه العلميّة الدقيقة، يبيّن الكيميائي الفرنسي، لويس باستير أنّ الإختمار تُسببه كائنات مجهرية.

مناقيد الثرشوريات، الشبيهة بغصنور دوري، في جذر غلاياغوس تُظهر نباتات واضحة أملاها نوع الغذاء في بيئاتها المتمايزة.



عالم الطبيعة البريطاني، تشارلز دارون، ينشر كتابه البالغ الأثر في تاريخ الفكر الحديث «أصل الأنواع» يدعّم فيه نظريته حول التطور (النشوء والارتقاء).

النظريات الوراثة الحديثة تبدأ مع إعادة اكتشاف ما كان توصّل إليه غريغور مندل (1822-1884) عن قوانين الوراثة في البسلي.

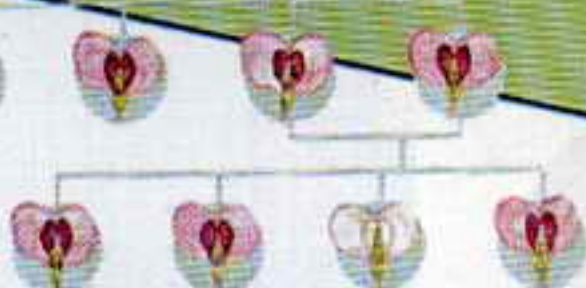


علماء الكيمياء الحيوية يبيّنون الأهمية الصحيّة البالغة لمعادير ضئيلة من بعض الكيمائيات كالفيتامينات والهرمونات.



1940 - 1949

الرعاية الصحيّة تتحسّن بشكل لافت مع بدء إنتاج المضادّات الحيويّة بالجملة.



1990-1999 تقنيات جديدة في الهندسة الوراثية، مثيرة للجدل، تُمكن العلماء من «تصميم» حيوانات خالية من الأمراض، وتوفير إنتاج أكبر من اللحوم.

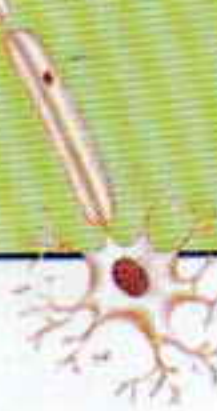


1980 - 1989 علماء البيئات يدركون أنّ التلوّث في بلد ما يُسبّب مطرًا حامضيًا في بلاد أخرى يُمحقّ مساحات شاسعة من الثبّ الطبيعي فيها.



الابخرة الشامة المنطلقة في الجو تمزج مع بخار الماء في الهواء وتتساقط مطرًا.

يتنامى علم البيولوجية الجزيئية الجديد بينما يتقضى العلماء طبيعة الجينات والتناسل.



1953

اكتشاف البنية المزدوجة اللولبية للمركّب الكيمائي د ن أ - المسؤول عن الوراثة، يُحدث تغييرات جذرية مثيرة في علم الأحياء.



العلماء - كيف وماذا يعملون؟

مخبري يفحص الدم في مستشفى أو مستوصف إلى رياضي فيزيائي يدرس أصل الخليقة إلى عالم نبات يجمع عينات النبت النادرة إلى كيميائي يطور نوعاً جديداً من مُنكّهات الطعام، كلّهم علماء ينشُدون بالعلم عالماً أفضل.

جراحون يُجرون جراحة تجميلية



مُثَبِّاتُ الْعِلْمِ

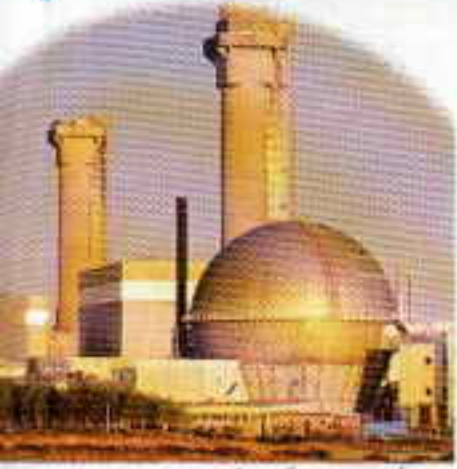
العلماء يُعزّون عَمَلَهُمْ لأنهم يَجِدُونَ الرِّضاَ النفسيَ الذاتيَ فيه، ولأنَّ التَّقدُّمَ العِلْمِيَّ يُفِيدُ المُجْتَمَعَ.

تجربة قنبلة نووية في صحراء نيكاذا، بالولايات المتحدة الأمريكية.



إيجابيات العلم وسلبياته

يعتمد عالمنا الحديث على التلغونات والكهرباء والسيارات واكتشافات واختراعات علمية أخرى لا تُحصى. فحياة الملايين من البشر أنقذت بفضل أدوية كالبنسلين، أو لقاحات كلقاح الجدري. غير أن بعض الناس يُحمِلون العلم مسؤولية بعض الكوارث العالمية النطاق كالقنابل الذرية والتلوث وتربيق طبقة الأوزون.



مُنشأة نووية في سلافيلد، إنكلترا

المسؤولية الأدبية

على السياسيين والاقتصاديين والعلماء والمخططين الاجتماعيين أن يُقرّروا ما إذا كانت بعض التجارب كإثارة التفاعلات في مُفاعل نووي أو محاولة تصحيح خلل وراثي في طفل ستعود على المجتمع بالنفع أو الضرر.



الفرد نوبل (١٨٣٣-١٨٩٦)

مُثَبِّاتُ شَخْصِيَّةٍ

كثيرٌ من الناس يتخذون العلم مهنة لأنه يقدّم لهم تحدّياً مثيراً. فتحقيق اكتشاف علمي بارز قد يجلب معه الشهرة العالمية والثروة والجوائز المهمة كجائزة نوبل.



لويس باستير (١٨٢٢-١٨٩٥) مُكتشف لقاح لداء الكلب.

فريقُ البُحوث

الاختبارات العلمية الحديثة بالغّة التعقيد، لذا تجدُ مجموعة الباحثين يعملون كفريق. كُلُّ عُضْوٍ مِنْهُمْ يُسهم بمعارفه وبمهاراته الخاصة لإنجاح العمل. بعضُ العلماء يُنظّمون عملَ الفريق ويراقبون أجهزة الاختبارات.

أين يعمل العلماء؟

نُصوِّرُ ونتصوّر عادةً أن العلماء يعملون في مختبرات، لكنّ الكثير من الدراسات العلمية ينبغي إجراؤها خارج المختبرات. فعلمُ البيئة (دراسة النباتات والحيوانات في بيئاتها الطبيعية)، وعلمُ الأرصاد الجوية (دراسة الطقس)، والبستنة (علم تطوير وتحسين المحاصيل الزراعية) كلّها مجالات علمية تتطلّب تجارب على الطبيعة خارج المختبرات.

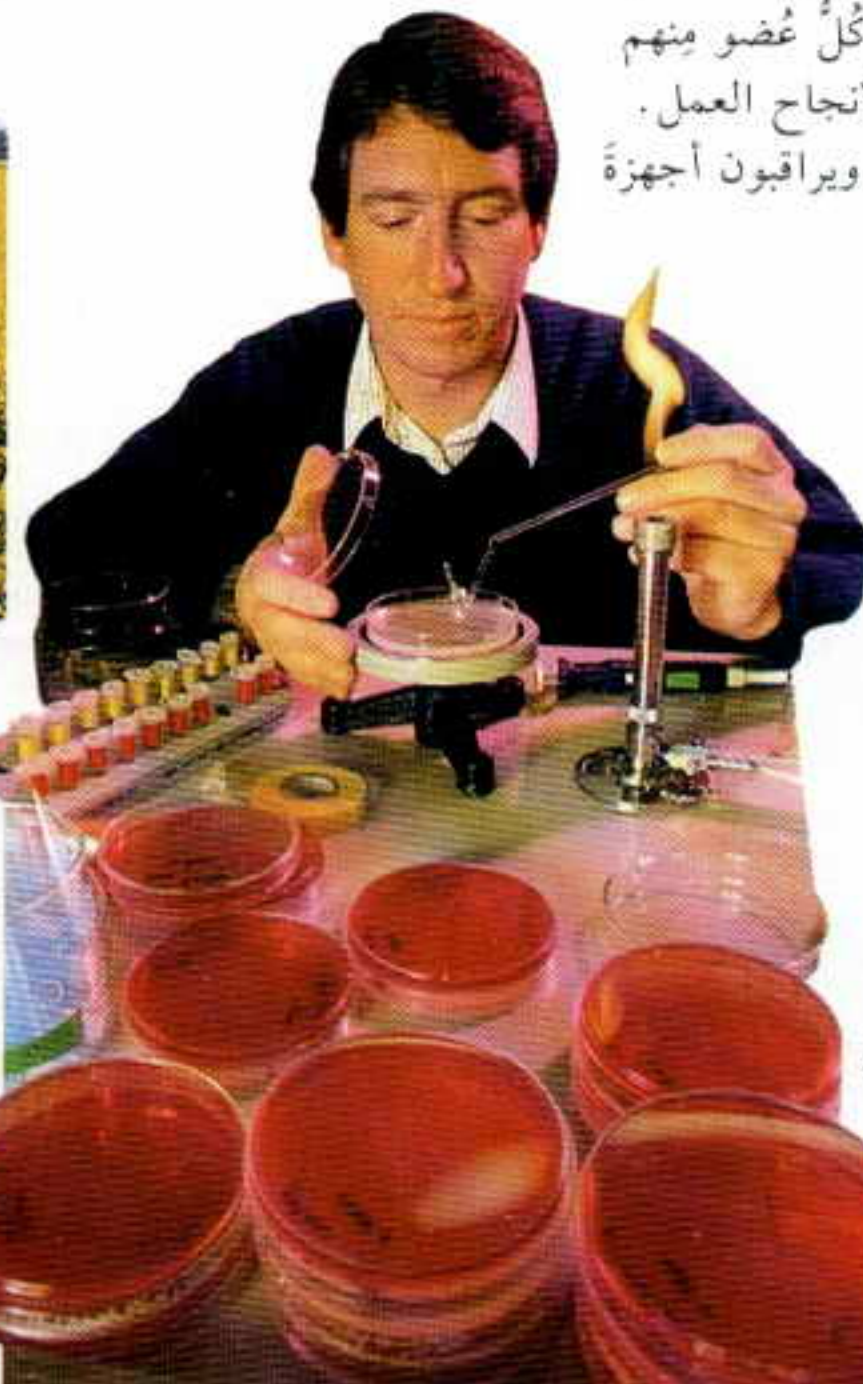


تقيس هذه العالمة سرعة التخليق الضوئي في حقل لإنتاج الزيت من بزر السلجم.

عالمٌ يُجري تجارب في الهندسة الوراثية.

الحواسيب

كثيراً ما تستخدم التجارب العلمية الحواسيب لإجراء الحسابات الرياضية الطويلة المُعقّدة بسرعة ودقّة. ويمتدّ دور هذه الحواسيب أيضاً تخزين وتنظيم مجموعات ضخمة من الحقائق والمعلومات.



الأجهزة والمُعَدَّات العلمية

تحمّل المناطق المملوءة بالهليوم أجهزة القياس إلى الجوّ لجمع المعلومات عن درجات الحرارة والضغط وسرعة الرياح على ارتفاعات مختلفة.



الاختبارات العلمية

إجراء التجارب أساسي وضروري لازدهار العلم. فباختبارهم نتائج تغيير بسيط في العالم الطبيعي، يستطيع العلماء الحصول على معلومات وأفكار عن أسرار الطبيعة. وباختبارهم النظريات المختلفة ومقارنتها، يستطيعون اختيار أفضلها لتعليل أحداث الكون من حولهم وتطوير معدات وكيمائيات وتقنيات جديدة فعالة.

الملاحظة

بعض الاكتشافات المهمة - كاختراع البطاريات الكهربائية الذي بدأ في القرن الثامن عشر بتجارب على الضفادع - هي نتيجة لملاحظات العلماء حول حدث غير عادي وإدراكهم لأهميته ودلالته.

إنجاء الضوء

المتنبئ من أحد النجوم بفعل جاذبية الشمس.



اليساندرو فولتا وبطاريته البدائية، ١٧٩٩.

التجارب

لا سبيل للتأكد من صحة الأفكار الجديدة وصدق فاعليتها إلا بالتجربة. فقد اختبرت نظرية النسبية لألبرت أينشتاين خلال كسوف الشمس لرؤية ما إذا كان الضوء من نجم بعيد ينحني، كما تقول النظرية - فكان أن انحنى فعلاً. كذلك جرّب لويس باستير لقاح ذاء الكلب على صبي كان قد عضه كلب. كما يصمم العلماء أيضاً تجارب لبيان أي من نظريتين متنافستين أفضل لتفسير ظاهرة طبيعية معينة.



تجميع المعلومات

بغاية ودقة بالتعبين، يقوم العلماء بتجميع المعلومات التفصيلية عن كل شيء في العالم من حولهم ويتبادلونها. فالنظريات العلمية تعتمد على تفسير وتعليل هذه المجموعة الهائلة من المعلومات، وقد أسهمت المنظومات الحاسوبية في جعل تجميع هذه المعلومات وتحليلها أكثر فعالية.



التقصي والاستكشاف

سواء أكانوا يتقصون تأثيرات عقار جديد، أم البنية الباطنية للذرة، أم حياة دلفين، أم طبيعة الشمس، فالعلماء يجرون التجارب لاستقصاء طبيعة الأشياء.

البرهنة العملية

قد تكون الاختبارات مفيدة في إقناع الناس بصحة إحدى النظريات العلمية. ففي تجربة خطيرة مثيرة صُممت لبرهنة أن التفريغ البرققي هو شكل من الكهرباء، طَير بنجامين فرانكلين (١٧٥٦-١٧٩٠) طائرة ورقية أثناء عاصفة رعدية لجذب الكهرباء من الجو.



التقنيات والأساليب العلمية

تتخذ جميع الأعمال العلمية بطرق مُنسقة ومنهجية. وقد طوّر العلماء أساليب متنوعة لمعالجة أنماط المعلومات المختلفة.

التصنيف

يُصنّف العلماء الأشياء لإبراز عنصر النظامية في الطبيعة. فقد نُظمت النباتات والحيوانات في أجناس وفصائل. وفي مجال الكيمياء، يُرتّب الجدول الدوري العناصر في مجموعات دورية تُبين العلاقات فيما بينها.

القياس

للقياسات الدقيقة دور حاسم في مجالات العلم والهندسة الحديثة. لذا كان على العلماء إيجاد الوسائل والطرق لقياس المسافات الهائلة العظم، كالتي بين النجوم، بالعناية والدقة إياهما اللتين يقسمون بهما حجم الخلايا البيولوجية والأبعاد المتناهية الصغر للذرات والجزيئات.



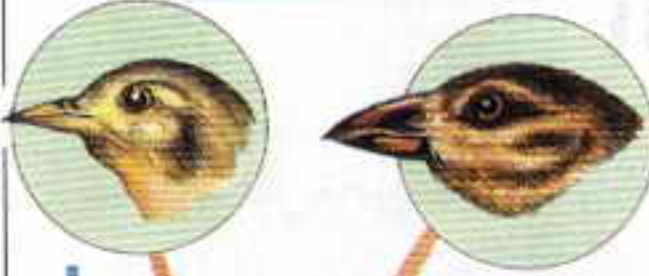
السواتل

روبوتات

مُعقّدة التركيب تُطلق في الفضاء.

المعدات

الأجهزة المتطورة تُمكن العلماء من معالجة دواخل الذرات المتناهية الصغر كما المجرات المتناهية البعد، ومن اكتشاف خفايا الطبيعة الحية وأسرارها.



قَسَم تشارلز داروين الطيور المُقرّدة التي رآها في جُزر غلاباغوس إلى أنواع مختلفة.



يُستخدم الميكروسكوب الإلكتروني في دراسة الخلايا المجهرية.



النماذج والنظريات

كما تُستخدم الكرات الجغرافية كنماذج مُصغّرة للأرض، هكذا يُطوّر العلماء النظريات، ويضعون القوانين الطبيعية، ويرسمون النماذج الرياضية لبيان نظام الكون وتعليله.

النظريات

يستهدف العلماء في ما يضعونه من نظريات ليس فقط تعليل المعلومات المجمعة بنجاح، بل شرح علاقة الأحداث المختلفة بعضها مع بعض والتنبؤ بنتائج اختبارات وأحداث مستقبلية.

النماذج الرياضية

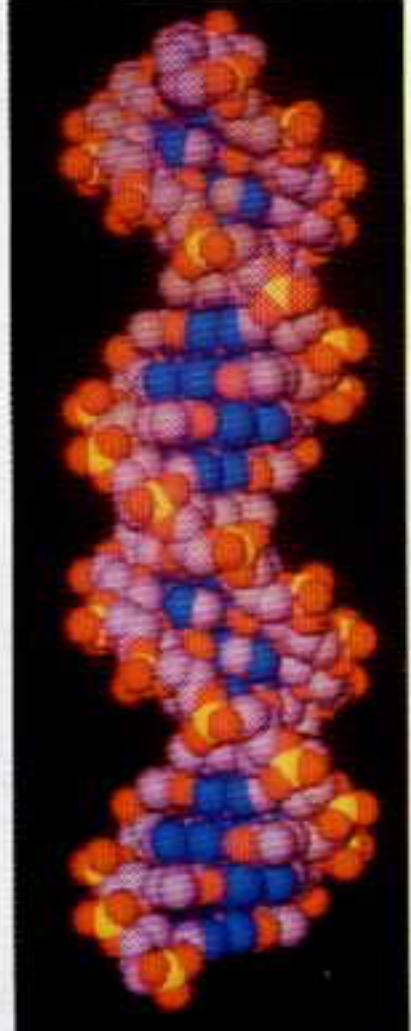
قانون الجاذبية الشهير لاسحق نيوتن هو نموذج رياضي يُعلّل تماسك الكون بعضه مع بعض.



إسحق نيوتن (١٦٤٣-١٧٢٧)

النماذج الطبيعية

رَسَم نموذجي حاسوبي يُبين البنية المُزدوجة اللولبية لجزيء د ن أ. اللولب المُزدوج هو نموذج طبيعي لبنية جزيء د ن أ، المركّب الكيماوي المسؤول عن خفايا الوراثة.



إشارات ورؤوس السلامة

نُصادفُ في حياتنا اليومية أشياء وموادَّ خطيرة أو سامة، لكن ليس من السهل دومًا التنبيه إليها. فللمساعدة في التعرف على أمثال هذه المواد وتجنب أخطارها، وُضعت رؤوس وإشارات السلامة.

وتتألف هذه من صور وكلمات تحذيرية تُنبه إلى مكامن الخطر. وإنه لمن الضروري لك تعرف هذه الإشارات والرموز والتقيد بمضامينها من أجل المحافظة على صحتك وسلامتك.

في المختبر المدرسي

العناية الفائقة والانتباه الشديد ضروريان عند إجراء أية تجربة في المختبر، فبعض الكيماويات سامة، وإحماؤها بعضها الآخر، فوق حاروق «بزن»، قد يكون خطرًا إذا لم تُراعَ الإجراءات الصحيحة. كما إن العديد من المواد المخبرية ذو روائح حادة نفاذة، قد تُسبب أعراضًا غير حميدة إذا ما استنشقت.

ضع نظارات واقية دومًا، واحترس من الثياب الفضفاضة. (وللفتيات، أشكلي شعرك الطويل إلى الخواصر).



ضع نظارات



كيماويات خطيرة



خطر بيولوجي

في البيت

العديد من المنظفات المستخدمة في المنازل يحمل تنبيهات ورؤوس تحذير من سُميتها إذا ابتلعت أو استنشقت أو تركت تلامس الجلد فترة طويلة. عليك دومًا أن تغسل يديك بعد استخدام المواد الكيماوية، ولعلّه من الضروري أحيانًا ارتداء لباس واقٍ.



مواد سامة



ارتد ثيابًا واقية



ارتد كمامة

إشترشد دومًا

برأي من هو أكبر منك سنًا قبل استعمال أي مادة في البيت. إن الموانع المنظفة بخاصة قد تكون شديدة السُمية.



خطر الغبار

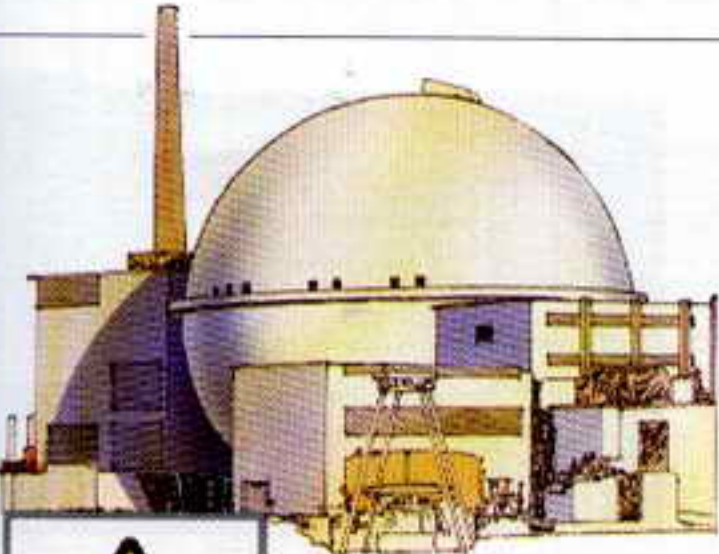


كيماويات مُضرة



في الشارع

وأنت تسير في الشارع، انتبه إلى رموز وإشارات السلامة. إن مواقع الإنشآت ومحطات المحروقات بخاصة قد تكون خطيرة. رؤوس وإشارات السلامة تساعدك في تجنب المخاطر.



خطر الإشعاع



ممنوع التدخين



سائل لهوب



ضع قناع اللحام



ضع واقية الأذنين



ارتد حذاء عاليًا



يمنع المشاة



يمنع المشاة

المادة

كُلُّ ما يخطرُ ببالك يتألفُ من المادة - إن كان الكتابُ الذي تقرأه، أو الكرسيُّ الذي تجلسُ عليه، أو الماء الذي تشربه. غير أن المادة ليست فقط تلك الأشياء التي تستطيع لمسها، فهي أيضًا تشملُ الهواء الذي تستنشقُ والكواكب والنجوم في فضاء الكون الرَّحيب، كما كُلُّ الكائنات من حيوانٍ ونباتٍ وجماد. تتألفُ المادةُ بمُختلف أنواعها وأشكالها من جُسيمات دقيقة تُدعى ذرات؛ وهذه تتألفُ بدورها من جُسيمات دون الذرية أصغر بكثير من الذرات. علِّمُ الكيمياء يدرُس تركيبَ المادة، وكيفية ترابطِ الذرات بعضها مع بعض لِتكوُنَ الموادُ المُختلفة.



تكوينُ المادة

يُعتقدُ مُعظمُ العلماء أن كُلَّ مادة الكون تكوُنَت بانفجار هو الانفجار العظيم (إلى اليمين)، عَقِبَهُ حرارةٌ وطاقَةٌ عظيمتان جدًّا. وبعد ثوانٍ معدوداتٍ تحوَّلت بعضُ حُزَم الطاقة إلى جُسيماتٍ دقيقة، ثُمَّ تحوَّلت الجُسيماتُ الدقيقة إلى ذرات تُؤلِّفُ الكونَ الذي نعيشُ فيه.



المادة الحية

الأرضُ هي موطنُ الكثير من الكائنات الحية من نباتات وحيوانات على اختلاف أنواعها. ورُغم أن الفراشة، مثلًا، تبدو مُختلفة جدًّا عن الصخر، فإن كليهما يتألفُ من ذرات، لكنَّ هذه الذرات ترتبطُ بِشكلٍ مُختلف لِتكوُنَ الشيء الآخر.



المادة الجماد

مُعظمُ المواد في الكون جمادًا، لا نبات ولا حيوان، أي إنها لا تنمو ولا تتوالد ولا تتحرَّك ذاتيًا. والصخور، مُكوَّنة الأرض التي نعيش عليها، هي من الجماد.

جُسيمات المادة

يُستخدمُ العلماءُ حُجرةَ الفُقاعات لِتعيين أنواع الجُسيمات دون الذرية. حُجرةُ الفُقاعات تحوي هيدروجينًا سائلًا على درجة حرارة تقاربُ درجة غليانه. فالجُسيماتُ المارة عبر الهيدروجين السائل تسبِّبُ غليانه تاركَةً في إثرها رَنَلًا من الفقاعات. ومع أن الجُسيمات نفسها لا تُرى، فالمسالكُ الفقاعية التي تتركها وراءها يمكنُ رؤيتها بِيسر؛ وهي مُختلفة النمط لِكلِّ نوع من الجُسيمات.



مؤسِّسو

علِّمُ الكيمياء

يُعتبرُ الكيميائي الفرنسي، أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-٩٤) مؤسس الكيمياء الحديثة. فقد بيَّن لافوازييه باختباراتهِ الدقيقة أن المواد المُحتَرقة أَثقل وزنًا منها قَبْلَ الاحتراق (وأنَّ هذه الزيادة يمكنُ إزالتها باختزال المادة بالفحم النباتي)، واستنتج أن ذلك عائدٌ إلى اكتساب المادة المُحتَرقة غازًا من الهواء (نُظِّلَ عند اختزالها) أسماه الأكسجين. وقد عمِلَت ماري لافوازييه (١٧٥٨-١٨٣٦) على ترجمة أعمال زوجها، وقامت بِحملاتٍ منظمَةٍ لِترويجها.

أصولُ علِّمُ الكيمياء

منذ مئات السنين، وقَبْل أن يتعرَّف أحدُ الذرات، كان الكيميائيون، الكيماويون القدماء، يقومون ببعض التجارب لِتعرِّف ماهية المواد وتراكيبها. وقد حاولوا عُبَثًا تحويل بعض الفلزَّات الحسيسة كالرصاص إلى ذهب، كما بحثوا، وعُبَثًا أيضًا، عن إكسير الحياة، الدواء الذي في رُغمهم، يُكسِبُ الإنسانُ شبابًا دائمًا. وكان من بين الكيميائيين كثيرٌ من النساء، كما يشهد بذلك الاسم اللاتيني للكيمياء «أوپِس مَلِيرُوم» الذي ترجمته «شغلُ النساء».

هذه صفحة من مخطوطة

عربية من القرن الرابع عشر.



كيميائيون في
أثناء العمل.



حالات المادة

الجبال والبحار والهواء الذي يكتنفها تمثل الحالات الطبيعية الثلاث للمادة. فالجبل يتألف من صخر جامد، والبحيرة تتألف من سائل هو الماء، والهواء الذي نستنشق غازي القوام. معظم الجوامد صلبة ذات شكل وحجم محددين - رغم أن بعضها كالمطاط ذو شكل يمكن تغييره. والسوائل ذات حجم محدد أيضا، لكن لا شكل ثابت لها وهي سيالة. أما الغازات فليس لها حجم ولا شكل محددين، وهي أيضا سيالة، ومعظمها عديم اللون لا يرى. وتدعى السوائل والغازات مجتمعة بالموائع لأنها تسيل أو تنساب. ويختلف سلوك الحالات الثلاث للمادة لأن جسيماتها تتحرك بأشكال مختلفة.



الحالات الثلاث

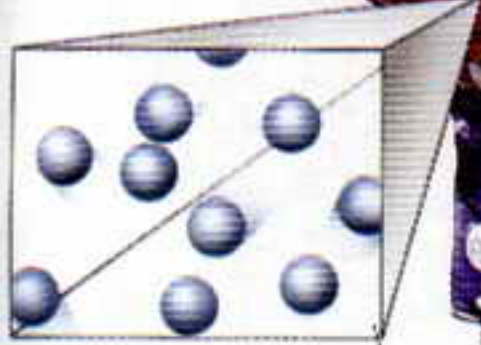
الصورة أعلاه للينابيع الحارة في ويوتا، بنوزيلندا، تُبين الحالات الثلاث للمادة في موقع واحد. فالصخر جامد، والماء سائل، والبخار المتصاعد غاز.

السوائل

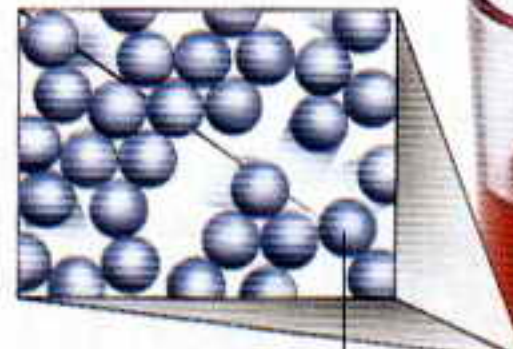
عندما تصب شرابا في كوب، فالسائل يتخذ شكل الكوب مهما كان. أما إذا اندلق السائل فإن شكله يتغير. وإذا صببت السائل في وعاء آخر، فسيغير شكل السائل أيضا، لكن حجمه يبقى ثابتا.

الغازات

تنتشر الغازات لتملأ الحيز الذي تتواجد فيه لأن جسيماتها سريعة الحركة. لذا فالغاز ليس له حجم أو شكل معين بل هو يتخذ شكل الوعاء المتواجد فيه. فهذا البالون، البيغامي الشكل مثلا، ممتلئ بغاز الهليوم. والأشياء تمر عبر الغاز بسهولة لأن جسيماته بعيدة بعضها عن بعض. ألسنا نمشي عبر الهواء دون أن نشعر بشيء؟



جسيمات الغازات متباعدة جدا وتتحرك بسرعة كبيرة. أما تأثير بعضها على البعض الآخر فضعيف جدا.



جسيمات السوائل تتجاذب فيما بينها وتتلاصق معا في حزم تنزلق بعضها فوق بعض وتتحرك بحرية.

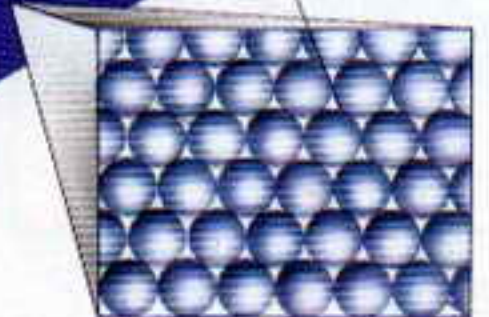


الجوامد

الجوامد، كالكتب مثلا، لها شكل معين؛ وليس من السهولة تغيير ذلك الشكل، لأن جسيمات الجسم الجامد مترابطة بعضها مع بعض بروابط قوية تجعل بنية الجوامد بنية صلبة.

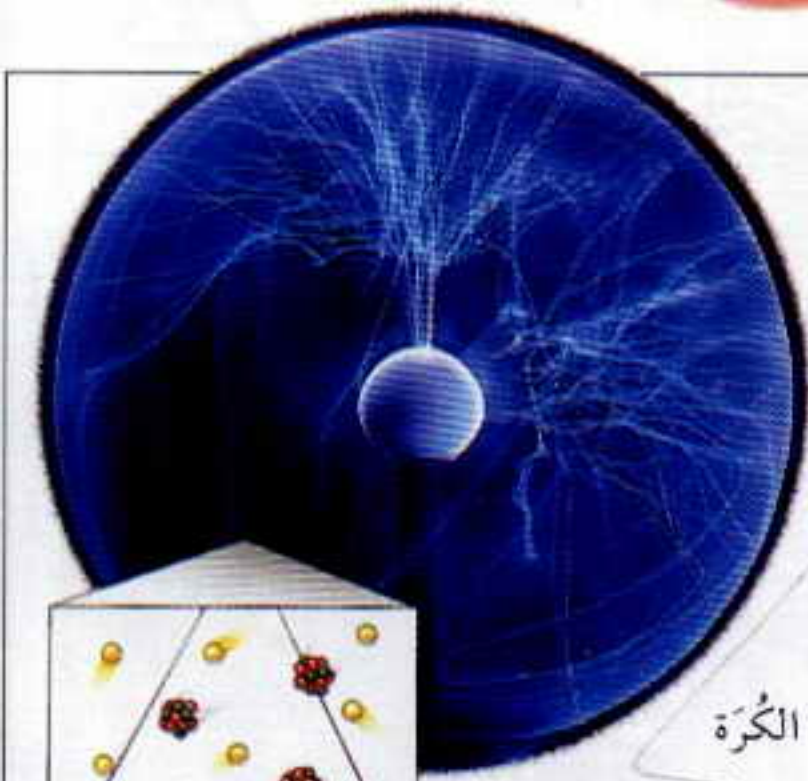


جسيمات الجوامد مترابطة معا وهي تتجاذب فيما بينها بقوة كبيرة تمنعها من التحرك بحرية. فجسيمات الجوامد تهتز (تذبذب) في مواقعها فقط.



البلازما

هنالك حالة رابعة للمادة تدعى البلازما، لكنها غالبا لا نشاهد. فهي تتواجد فقط على درجات الحرارة العالية جدا داخل الشمس والنجوم الأخرى، أو فوق الأرض على ضغوط خفيفة. تتألف البلازما من ذرات مُشطرة بفعل الحرارة أو الكهربائية الهائلة الشدة. تحوي الكرة، في الصورة المقابلة، إلكترونات مركزيا محاطا بالبلازما. فإذا لمسست سطحها، تقفز ومضات من مركز الكرة إلى يدك، مُنتقلة عبر مسالك في البلازما تكونها الذرات المُشطرة.



الجسيمات الناتجة عن الذرات المُشطرة تدعى أيونات وإلكترونات.

حالات المادة في خدمتنا

الجوامد والسوائل والغازات حوالينا في كل شيء، وتخدمنا في عدة مجالات. في دراجتك، مثلاً، ترى حالات المادة الثلاث تعمل متكاملة بانسجام. فالعديد من أجزاء الدراجة مصنوع من الجوامد، حتى مقاطع عجلتها - رغم أنه مرون يتغير شكله على مقببات الطريق؛ والهواء المضغوط يملأ العجلتين؛ والزيت سائل لا بد منه على سلسلة الدراجة وأجزائها المتحركة كافة.

الجوامد في خدمتنا

هيكل الدراجة جاس صلب، وإطارا العجلتين وبرامقهما صلبة متينة. فحسب الهيكل أساسي لبنية الدراجة وتماسكها. وفولاذ الإطارين والبرامق الصلب يحفظ دقة استدارة العجلتين؛ وهذه الدقة ضرورية ومطلوبة لسلاسة وسلامة الدروج.

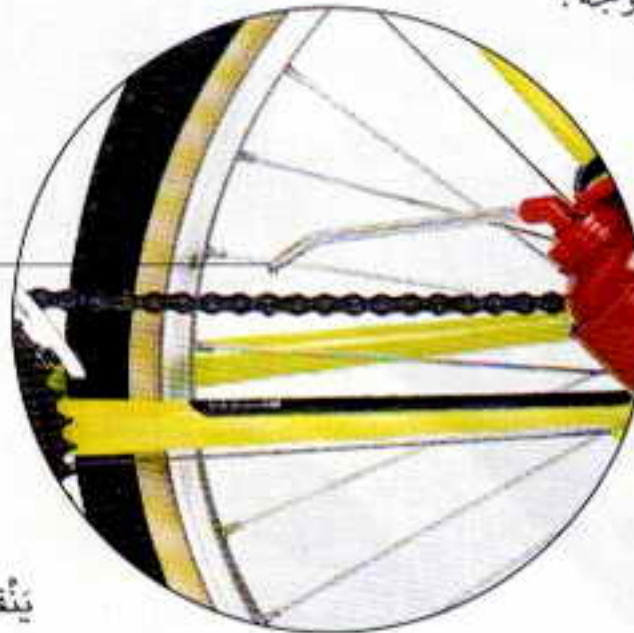


السوائل في خدمتنا

السوائل كلها سائلة، وبعضها أكثر سيولة من البعض الآخر. لزوجة السائل مقياس يحدد سرعة أو بطء سيولته. فالماء ينساب بسهولة لأنه قليل اللزوجة، أما الزيوت فتساب ببطء لأنها أشد لزوجة. وتستخدم السوائل اللزجة، كالزيت، بين الأجزاء المعدنية المتحركة لتقليل الاحتكاك فيما بينها، ويُعرف هذا بالتزيق.

يمكنك تقليل حجم الغاز بخشره في خيبر أصغر. كما يمكنك خشر كميات متزايدة من الغاز في الخيبر نفسه. وهو ما يحدث عندما تنفخ عجلة الدراجة.

الزيت على سلسلة الدراجة يزلق الأجزاء المتحركة ويقيها من البلى السريع بالثحات.



الغازات في خدمتنا

خلافًا للجوامد والسوائل، فالغازات لا حجم ثابت لها، أي أنك تستطيع ضغط الغاز أو تقليل حجمه. والغازات ضغوطة (تنضغط) لتواجد فراغات جمّة بين جسيماتها. فإذا مرّ دولا ب دراجة فوق مطب أو ارتطم بجسم صلب، ينضغط الهواء داخله فتحمّد رجة الصدمة، ويخف إحساس راكب الدراجة بها.

تشدّ لئتنا المكبح على جانبي قرص الدولا ب بضغط السائل.

يتقلّ الكبّاس الضغط من دغسة المكبح.

تضغط دغسة المكبح.

يشري الضغط عبر سائل المكبح.

المكايح الهيدروليّة

تستخدم السوائل في المكايح القديمة في السيارات لأنها لا تنضغط بسهولة. أي أنك إذا ضغطت السائل، فالقوة المبدولة تنتقل كاملة عبره. فعندما يضغط السائق دغسة المكبح، يتقلّ الضغط عبر الكبّاس إلى السائل في أنابيب المكبح. وهذا يجعل اللينات تقبض قرص الدولا ب بشدّة، فتتوقف الدولا ب على الفور. ويُعرف ضغط السائل هذا بالضغط الهيدرولي.



الطياريات حشرات خفيفة جدًا تسير فوق الماء بفعل التوتر السطحي - محدثة باقدامها نقرًا صغيرة على السطح فقط.



التوتر السطحي

تجاذب جسيمات الماء فيما بينها - فيشد بعضها نحو بعضها الآخر بالتساوي في جميع الاتجاهات. غير أن الشد على جسيمات السطح بالاتجاه السفلي أريد إذ لا وجود لجسيمات ماء فوقها. نشد في الاتجاه المعاكس فيبدو السطح الموتر كغشاء رقيق مفلوط. وهذا يُمكّن سطح الماء من حمل الحشرات الخفيفة السائرة فوقه.

لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- النظرية الحركية ص ٥٠
- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الشمس ص ٢٨٤

تغيرات الحالة



الطبخ على ضغط مرتفع

تعتمد درجة غليان السائل على الضغط المُكثف؛ فتتخفَض درجة الغليان بانخفاض الضغط، لأنَّ الجُزيئات يُمكنها الإفلات، كغاز، بسهولة أكثر حينئذٍ. أما عند ازدياد الضغط فإن درجة الغليان ترتفع لأنَّ الجُزيئات ما عادت تستطيع الإفلات بسهولة. في القدر الضغْطِيَّة ترتفع درجة غليان الماء بارتفاع الضغط، وينضج الطعام بسرعة أكثر على درجة الحرارة المرتفعة.

إذا ثَقُلَ زيتاً ساخناً بملعقة لدائنية فإنَّ الملعقة تنصهر. فاللدائن جامدة على درجة الحرارة والضغط العاديين. لكن بتغيير الظروف تتغير حالتها كسائر الجوامد. كذلك إذا وضعت عصير البرتقال في المجمدة، وهو سائل في الظروف العادية، فإنه يجمد. وإذا زفرت على لوح زجاج بارد، فإنَّ بخار الماء (الذي هو غاز عادة) في زفيرك سيتكثف إلى قطرات من السائل. وإذا شعيت الشمس على تلك القطرات، فإنَّ حرارة أشعتها تُعيد القطرات ثانية إلى غاز يتبخر في الهواء مُجدداً. والواقع أنه حتى أصلب الصخور تنصهر على درجات الحرارة والضغط العالية جداً المتواجدة تحت القشرة الأرضية. إنَّ معظم المواد التي نعرفها تتحول من حالة إلى حالة أخرى عند تغيير درجة الحرارة والضغط بقدر معين.

من جامد إلى غاز

إذا أحميت جامداً حتى درجة الانصهار، فإنه يتحول إلى سائل. وإذا تابعت الاحماء فإنَّ السائل يبلغ درجة يبدأ عندها بالتحول إلى غاز، وهذه هي درجة الغليان. على هذه الدرجة، تكسب جسيمات السائل من الاحماء المستمر، طاقة كافية ليتحرر بعضها من بعض، فتتكوّن في السائل فقاعات من الغاز. لكن نذكر أنَّ السوائل تتحول دوماً إلى غاز ببطء حتى على درجات حرارة دون درجة الغليان، وهذا يدعى التبخر.



التكثف

تتجمع قطرات من الماء على كوب زجاجي بارد لأنَّ جسيمات بخار الماء في الهواء المُماس للكوب تتحول إلى ماء. الزجاج البارد ينزع طاقة من الجسيمات فيحولها إلى سائل.

التبخر

يجف الجير السائل لأنَّ الماء فيه يتحول إلى بخار ويتصاعد في الهواء. ويتم هذا لأنَّ بعض جسيمات الماء تكسب ما يكفي من الطاقة للإفلات مُتحولة إلى غاز.



التصعيد

أحياناً يتحول الجامد إلى غاز مباشرة، وهذا يُعرف بالتصعيد. الجليد الجاف يتصعد مباشرة إلى غاز، لذا يُستخدم على خشبة المسرح لتوليد سحب مُستغرِبة مُثيرة. إنَّ الجليد الجاف هو في الحقيقة ثاني أكسيد الكربون المُجمد؛ ويدعى الجاف لأنه يتحول إلى غاز مباشرة مُتجاوزاً حالة السيولة.

الغاز

تتسارع جسيمات الجامد بالقدر الكافي لتفكك مُتحولة إلى غاز. أو تتناقص سرعة جسيمات الغاز لتتحول إلى جامد. تتبذب جسيمات الجامد بسرعة أكثر فينساب بعضها فوق بعض لتكوّن السائل. أو تتناقص سرعة جسيمات في السائل فتتحول إلى جامد.

الجامد

السائل

التجمد

يتجمد الشمع المنقطر من شمعة مُضاء بسرعة. وذلك لأنَّ الجسيمات، التي تسارعت وسالت بحرارة اللهب، تتناقص سرعتها مُجدداً عند زوال الحرارة فتتراص فيما بينها. وعندما تقلَّ سرعتها بقدر كافٍ، تثبت في مواقعها وتجمد.

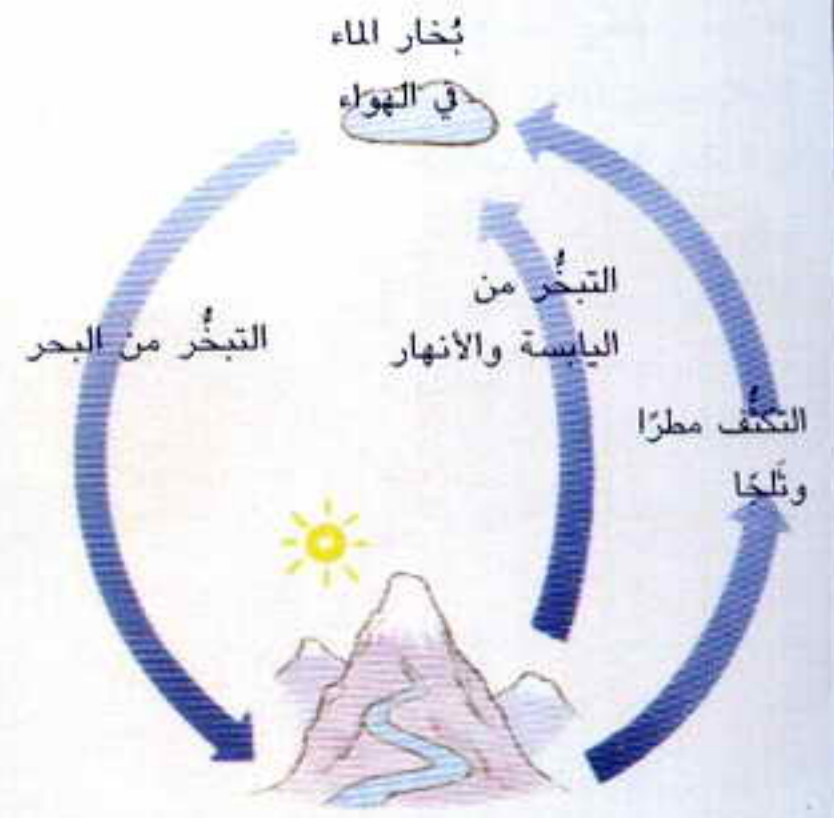


الانصهار

جسيمات الجامد مُتراسة معاً بقوة؛ لكنَّها عند الإحماء تزايد ذبذبتها أكثر فأكثر حتى تفككت من مواقعها الثابتة وينساب بعضها فوق بعض مُتحولة إلى سائل. مثل هذا يحدث عند انصهار قطعة من الشوكولاته.

حالات الماء

الماء فريد في كثرة تواجده بالحالات الثلاث للمادة في حياتنا اليومية. فهو في حالة الجمود ثلج أو جليد، وفي حال السيولة ماء، وفي الحالة الغازية بخار. وخصائص الماء في حالاته الثلاث هذه مهمة لكل شيء على الأرض؛ فالنباتات والحيوانات، مثلاً، تحتاج الماء باستمرار من أجل بقائها.



معظم المواد أعلى كثافة في حالة الجمود منها في حالة السيولة. لكن الجليد أخف من الماء، فيطفو فوقه.

دورة الماء في الطبيعة

الماء (السائل) يتبخر، والثلج (الجامد) يتصعد، في الهواء. وبُخار الماء يتكثف إلى قطرات مكوّنة السحب في الجو؛ ثم تسقط القطرات عائدة إلى الأرض مطراً أو ثلجاً - في دورة متوالية دون انقطاع بالغة الأهمية لكل شيء على الأرض.

يتبخر عجل البحر بخار الماء مع الزفير أثناء التنفس.

بُخار الماء

في درجات الحرارة المرتفعة يتبخر الماء بسرعة. ففي الغابات الاستوائية مثلاً - جنوبي أمريكا - حيث المطر وفير غزير ودرجات الحرارة مرتفعة، التبخر سريع لا ينقطع؛ لذا فالهواء رطب جداً (مُشبع ببخار الماء). وهذا يُفسّر تواجده أنواع خاصة من النباتات، كالسحليات (الأوركيدات)، في هذه الأصقاع تأخذ حاجتها من الرطوبة مباشرة من الهواء، لا من التربة.

تتخفّف درجة التجمّد عند زيادة الضغط على الجليد بفعل وزن المترلج، فينصهر الجليد تحت شفرة المترلجة.

التغيرات بالضغط

يمكن بالضغط تحويل المادة من حالة إلى أخرى. فالتزلج على الجليد ممكن لأن المترلجين تتزلقان على الجليد فوق طبقة رقيقة من الماء. إن ثقل المترلج المركّز على شفرة المترلجة يحدث ضغطاً عالياً جداً تحتها. وهذا الضغط يُسبّب الجليد حال مرور (شفرة) المترلجة فوقه.

تضغط الشفرة على الجليد

ينصهر الجليد تحت الشفرة فتتزلق ينشر عليه.



الجليد المتمدد

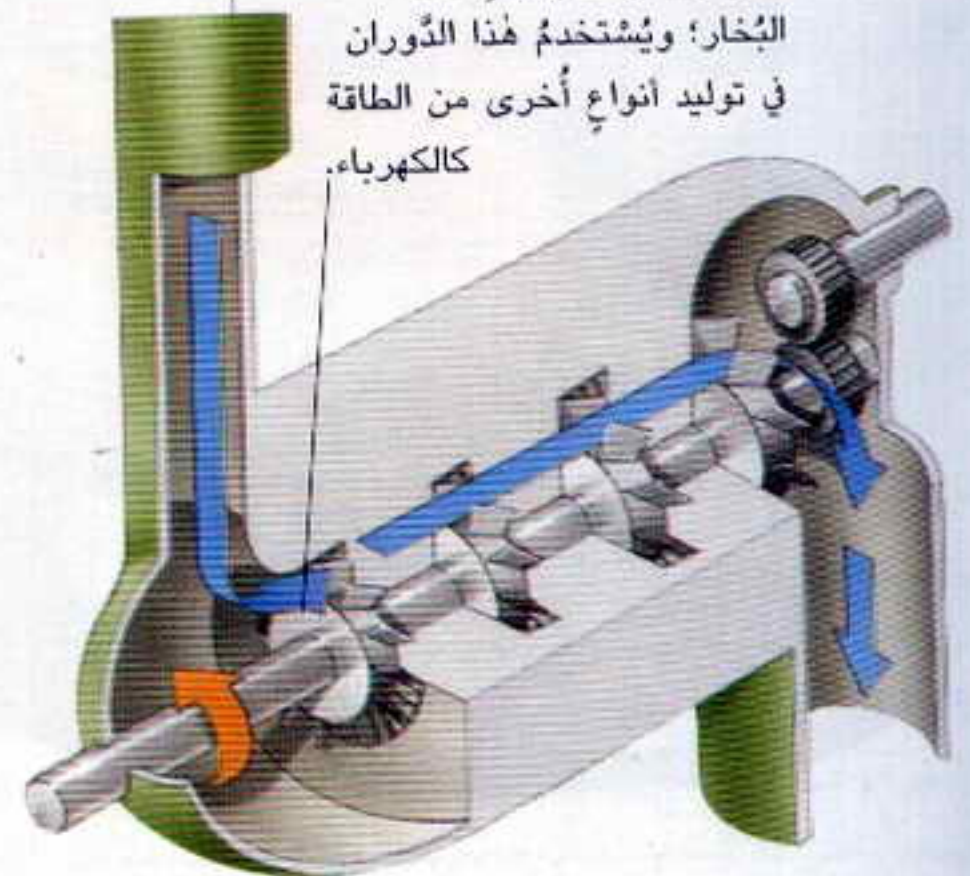
لعلك لاحظت (أو سمعت عن) تفجّر أنابيب المياه في طقس شديد البرودة. والسبب في ذلك أن الماء داخل الأنابيب يتمدد خلال عملية التجمّد فيفجّرهما.

يندفع البخار الساخن إلى داخل التربين تحت الضغط.

القدرة البخارية

يتحوّل الماء عند الغليان إلى بخار، فيشغل حجراً أكبر من حجم السائل الذي تولّد منه. ولما كان بخار الماء الساخن يزخر بالطاقة فإنه يُستخدم في تدوير المحركات الحرارية كالتربينات البخارية. يندفع بخار الماء عبر أرياش التربينات على درجة حرارة وضغط عاليتين جداً، فيدير دواليبها.

تدار أرياش التربين بطاقة البخار؛ ويُستخدم هذا الدوران في توليد أنواع أخرى من الطاقة كالكهرباء.



لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- المحاليل ص ٦٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الماء - معالجته وصناعاته ص ٨٣
- تكوّن الأرض ص ٢١٠
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢

خصائص المادة

يُصنع الكثير من أواني المطبخ كالكَفِّ والغلايات ذوات المقابض من الفولاذ واللدائن - الجسم من الفولاذ والمقبض لدائني. والسبب البسيط هو أن الفولاذ موصل جيد للحرارة، فيسمح بانتقالها إلى الماء كي يغلي أو إلى الطعام كي ينضج. أما اللدائن الجيدة العزل، فتمنع وصول الحرارة إلى أيدينا. فالعزل الجيد أو الموصلية الجيدة مثل على خاصة معينة من خصائص المادة. بعض هذه الخصائص، كالموصلية، يمكننا قياسه؛ أما بعضها الآخر، كالرائحة مثلاً، فبمقدورنا وصفه فقط. يقيس العلماء خصائص العديد من المواد المختلفة على درجة الحرارة والضغط العاديين كي يستطيعوا المقارنة فيما بينها بدقة.

باستطاعتك وصف
البرقانة بتحديد لونها
وشكلها، وملابسها
ورائحتها ومذاقها.

إدراك المادة بالحس

الناس في حياتهم اليومية لا يصفون الأشياء بالطريقة نفسها كما يفعل العلماء. فحين في الغالب نعلم على حواسنا أكثر من اعتمادنا على القياس بالأجهزة. لكن حواس البشر ليست متوافقة ولا منسجمة؛ كما إنها تعجز عن قياس شدة الرائحة المنبعثة من شيء، كما عن تحديد نوع مذاقه بدقة. وقد يدرك بعض الناس الأشياء بحسهم بشكل مختلف تماماً عن إدراك بعضهم الآخر لها.

الوزن والكتلة والحجم

يمكنك قياس كمية الشيء بطريقتين: إما بواسطة حجمه أو بواسطة كتلته. فحين مثلاً، نشتر البنزين بالحجم (بالتر أو بالغالون) - أي بكمية الحيز الذي يشغله. ولكننا نشتر البطاطا بالكتلة (بالكيلوغرام أو بالرطل) - أي بكمية المادة في كيس البطاطا. إن حجم الشيء يمكن تغييره بالضغط أو بالحرارة، لكن كتلته تبقى ثابتة دون تغيير. أما وزن الجسم فهو مقدار القوة التي تشده بها جاذبية الأرض، ويتوقف مقدار هذه القوة على كتلة الجسم.

المقاومة (المتانة)

معظم الفلزات متينة ضد الشد لذا تُستخدم في بناء الانشاءات الضخمة، كالجسر المعلق في الصورة المقابلة. يعلق مبدد الجسر بكبالات فولاذية متينة تضمد أمام ثقلي الجسر وما يقرب فوقه. وتضمد الأعمدة التي تدعّمه من الخرسانة المسلحة التي تضمد بقوتها ومقاومتها أمام كافة قوى الهضر المؤثرة على الجسر.

يستخدم الميسيل (الهيدرومتر) لقياس كثافة السوائل. يُغمس الميسيل في وعاء مليء بالسائل النقي، وتؤخذ قراءته بمساواة سطح السائل يطفو الميسيل عاليًا في سائل كثيف ويغوص أكثر في سائل أقل كثافة.

الكثافة

للحجم نفسه من مواد مختلفة كتل مختلفة، تبعاً لكثافتها. وكثافة جسم ما هي كتلة السنتيمتر المكعب منه بالغرامات. أحياناً تُعطى كثافات الجوامد والسوائل والغازات كثافات منسوبة إلى الماء (أي كثافات نسبية).

ثقل مكعب من الرصاص يساوي ثقل مكعب من الشمع يفوقه حجماً بـ ١٣ مرة، أو ثقل قطعة من خشب البلسا حجماً أكبر ٥٦ مرة.



رصاص: كثافته النسبية ١١,٣



شمع: كثافته النسبية ٠,٩



خشب البلسا: كثافته النسبية ٠,٢

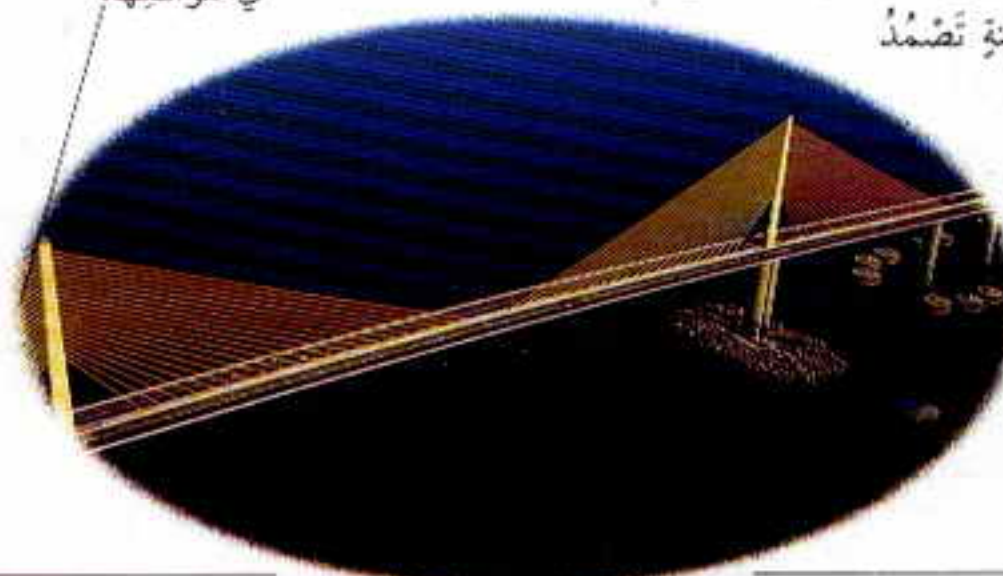
الغازات دوماً ترتفع كفقاعات إلى سطح السائل لأن كثافتها ضئيلة جداً. إن الكثافة النسبية للهواء هي ٠,٠٠١٢ فقط.

كحول مُمتلئ: كثافته النسبية ٠,٨

زيت الذرة: كثافته النسبية ٠,٩

ماء: كثافته النسبية ١

زئبق: كثافته النسبية ١٣,٦



نجم نيوتروني

فلز الأوزميوم هو أكثف مواد الأرض قاطبة. فهو أثقل من الرصاص بمرتين وأكثف من الماء بأكثر من ٢٢ مرة. غير أن أكثف مواد الكون هي مادة النجوم النيوترونية. فمقدار رأس دبوس منها وزن مليون طن.

نجم نيوتروني

مقدار رأس دبوس من نجم نيوتروني

كثافة الماء (النسبية) تساوي ١. فالسوائل الأقل كثافة تطفو فوقه، والسوائل الأكثر كثافة تغوص تحته.

اللدونة

إذا كُسِّت بعض المواد، كالبلاتيسين (الطين اللدائي) أو المعجونة، يتغير شكلها ويبقى على تغيره، لذا تُدعى هذه المواد بالمواد اللدنية. هنالك أنواع مختلفة من اللدانة كالطروقية (قابلية التطريق) والمطيلية (قابلية المظلل). فالفلز طروقي إذا استطعنا تطريقه صفائح رقيقة دون تكسر، ومطوون (أو مطيل) إذا استطعنا سحبه أسلاكاً دقيقة دون تقطع.

النحاس وبعض الفلزات الأخرى يمكن سحبهها أسلاكاً أدق من الشعرة؛ فالنحاس إذن فلز مطيل.



توصيل الحرارة

الفلزات موصلات جيدة للحرارة بسبب بنيتها الذرية. أما بعض المواد الأخرى، كاللدائن والخشب، فموصليتها الحرارية ضئيلة جداً أو معدومة، لذا فهي عازلات جيدة تصلح لتغليف الموصلات الحرارية. وللسبب نفسه تُصنع مقابض الأواني المطبخية، كالغلايات والقُدور، من اللدائن.

الصانع هذا يطرق طاساً من الفضة لصياغته بالشكل المطلوب، فالفضة إذن فلز طروقي.

ينقل الماء الحرارة بالخلل، ومنه تنتقل الحرارة إلى الملعقة المعدنية بسرعة.



المرونة

للمقاط خاصية لافقة؛ فهو يمتد بالشد وينكمش عائداً إلى حجمه الأصلي عند زوال القوة المؤثرة. هذه الخاصية تُدعى المرونة. إن معظم المواد، حتى الفلزات مرنة. وللمرونة بعض المواد حد، يُدعى حد المرونة، لا تتعدى المادة شكلها وحجمها الأصليين إذا ما تحطنت.

امشط البالون المر إلى الحد الأقصى



عاد البالون إلى شكله الأصلي بعد المط.

بعض المواد ذواب أكثر من بعضها الآخر. فالطباشير بالكاد يذوب في الماء. أما السكر فيذوب بسهولة حتى في الماء البارد.

السكر في الماء البارد

الطباشير في الماء البارد



القصفة

المقطاط مرّن في درجات الحرارة العادية. أما هذا البالون الذي جرى غمسه في النيتروجين السائل (على درجة حرارة - 196°س) فقد أصبح قصفاً يفتت قطعاً عند طرقه بمطرقة. بعض المواد، كالزجاج، قصفت على درجات الحرارة العادية، وبعضها الآخر، كالطين، لذن عادة، لكن يصبح قصفاً بعد الشّي في أتون أو فرن.

الطباشير ليس ذواباً حتى في الماء الساخن. أما السكر فتزداد ذوبانيته في الماء الساخن. كلما ازدادت سخونة الماء تزداد ذوبانية السكر.

الطباشير في الماء الساخن



السكر في الماء الساخن

نقطة الانصهار (أو التجمد): عندها يذوب الجامد متحولاً إلى سائل، أو يتجمد السائل متحولاً إلى جامد.

إذا وضعت شمعاً على طرف ملعقة فلزية وعلى طرف ملعقة لدائنية مغموستين في ماء ساخن، فالشمع على طرف الملعقة الفلزية يبدأ بالانصهار أولاً.

توصيل الكهرباء

تسري الكهرباء عبر الفلزات بسرعة، لذا فهي موصلات جيدة للكهرباء. والسبب في ذلك عائد إلى وجود إلكترونات طليقة الحركة على ذرات الفلزات. أما اللدائن والزجاج والخشب ومعظم الجوامد الأخرى، عدا الكربون، فهي موصلات رديئة، أو عازلة، للكهرباء. ولذا تستخدم اللدائن لتغليف الموصلات الكهربائية كاسلاك الكبول.



أسلاك نحاسية تُغلف الأسلاك النحاسية بالكامل بمادة لدائنية.

نقطة (أو درجتا) الانصهار والغليان

كل مادة نقيّة لها نقطتا انصهار وغليان ثابتتان على الضغط الجوي العادي. أما إذا كانت المادة مشوبة فإن نقطتي الانصهار والغليان تتغيران. فالملح على الجليد يُخفّض نقطة انصهاره فيتحوّل الجليد إلى ماء. وما لم يشتدّ القفص برداً فلن يعود الماء الصّهير إلى التجمّد.

نقطة الغليان: عندها يتحوّل السائل إلى بخار، أو يتكثّف البخار إلى سائل؛ وهي دوماً أعلى من نقطة الانصهار.

لمزيد من المعلومات انظر

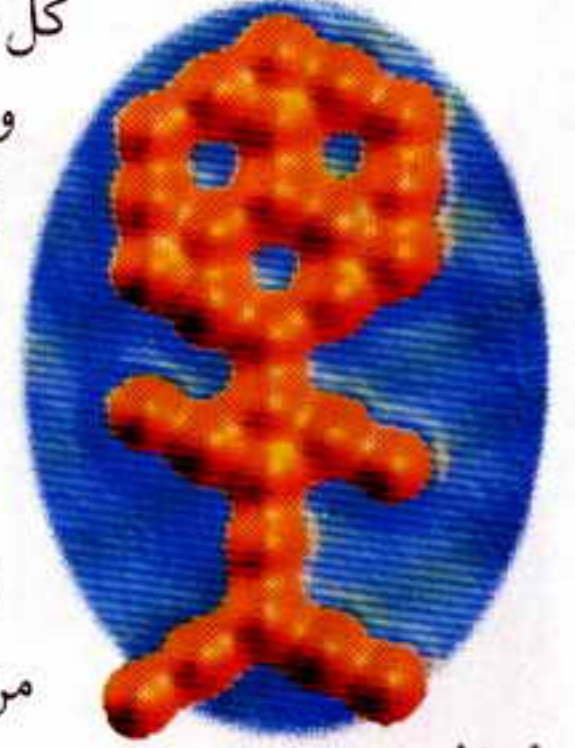
- البنية الذرية ص ٢٤
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- الظفو والعطس ص ١٢٩
- الكهرباء الثّيارية ص ١٤٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الذوبانية

كثير من الجوامد والسوائل والغازات يذوب في الماء، أو في سوائل أخرى، لتكوّن محاليل، فنقول إنها ذوّبة أو ذوّابة؛ فالسكر يذوب في الشاي، والملح يذوب في الماء. المادة التي تذيب تُسمّى المذيب، والسائل الذي تذيب فيه يُدعى المذيب. والماء غالباً ما يُدعى المذيب العام لأن مواد كثيرة جداً تذيب فيه. خاصية الماء هذه أساسية للحياة، لأن الماء يطوف حاملاً المواد المذابة في دم الحيوان كما في سُغ النباتات. والحيوانات التي تعيش في الماء تحصل على الأكسجين اللازم لحياتها من المذاب منه في الماء.

البنية الذرية

كُلُّ شيءٍ حولنا ممَّا يُرى ويُسمع ويُحسَّ ويُشمَّ ويُذوق يتألف من جسيمات دون المجهرية تُدعى ذرات، وهي من الدقة بحيث يلزم بضعة ملايين منها لتغطية نقطة الوقف في نهاية هذا السطر. وتتألف الذرة نفسها من جسيمات أصغر بكثير. ففي مركز كل ذرة توجد نواة تتضمَّن بروتونات ونيوترونات، وتدور حَوْلَ النواة في أغلفة (طبقاتية) مختلفة جسيمات تُدعى إلكترونات. البروتونات والنيوترونات أثقل من الإلكترونات بكثير، بحيث إنَّ معظم كتلة الذرة يتركز في النواة. بعض المواد مركَّبات، كالماء أو السكر، تتألف من جزيئات، والجزيئات بدورها تتركب من عدَّة أنواع من الذرات تترابط معًا في مجموعات. وبعض المواد عناصر، كالحديد والكربون، تتألف من نوع واحد من الذرات فقط.

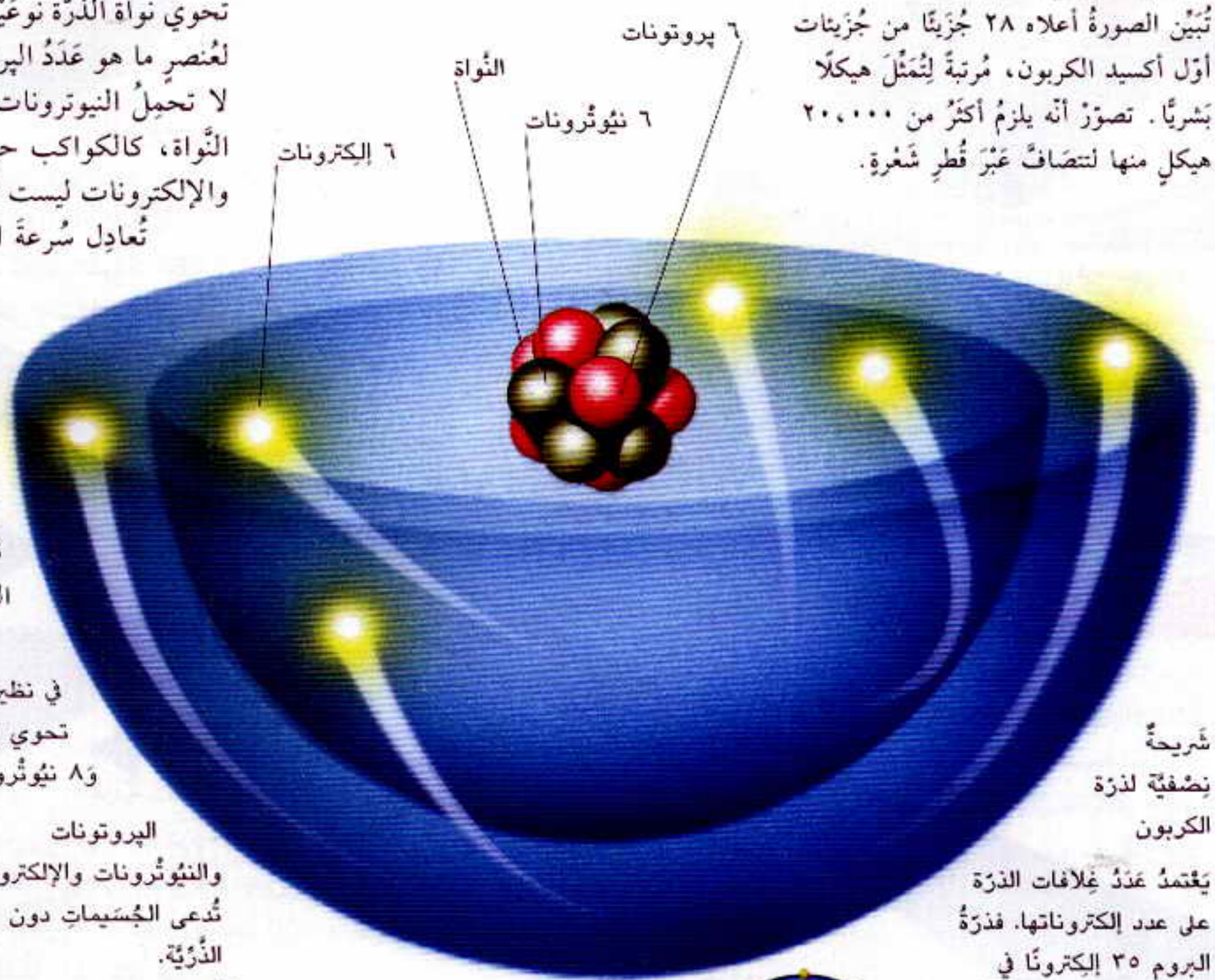


تصوير الجزيء

تُبين الصورة أعلاه ٢٨ جزيئًا من جزيئات أول أكسيد الكربون، مُرتبة لِتُمثِّل هيكلًا بشريًا. تصوَّر أنه يلزم أكثر من ٢٠,٠٠٠ هيكلٍ منها لتتصافَّ عبر قطر شجرة.

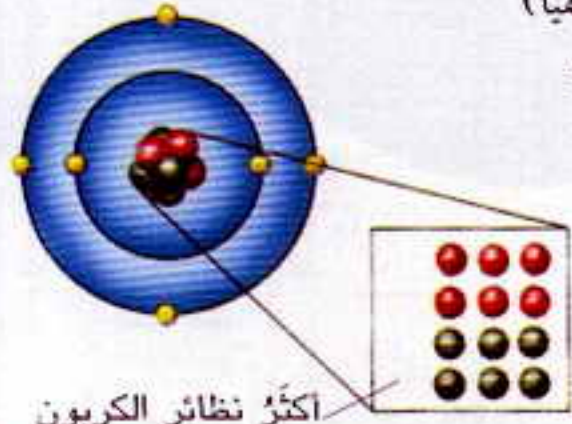
البروتونات والنيوترونات والإلكترونات

تحتوي نواة الذرة نوعين من الجسيمات: البروتونات والنيوترونات. العدد الذري لعنصر ما هو عدد البروتونات ذات الشحنة الكهربائية الموجبة في نواته، في حين لا تحمل النيوترونات أي شحنة كهربائية. أما الإلكترونات التي تدور حَوْلَ النواة، كالكواكب حول الشمس، فهي ذات شحنت كهربائية سالبة. والإلكترونات ليست كرات جامدة، بل حزم من الطاقة تتحرك بسرعة فائقة تكاد تُعادل سرعة الضوء. عدد الإلكترونات والبروتونات في الذرة متساو، وكذلك شحنتها، ممَّا يجعل الذرة متعادلة كهربيًا.



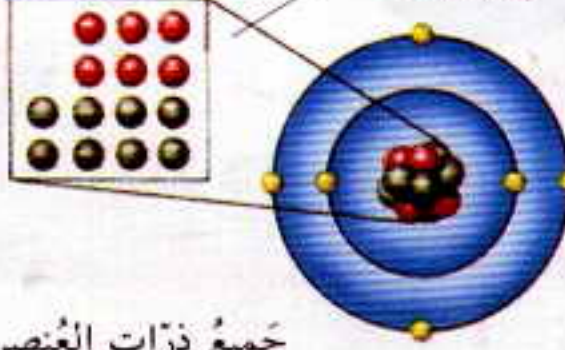
ذرة الكربون

يُمثِّل هذا الرسم شطرًا (نصفًا) لذرة كربون. تتألف نواة ذرة الكربون من ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات. أما الإلكترونات الستة فتوجد في غلافين.



أكثر نظائر الكربون انتشارًا هو الكربون-١٢، وفي نواته ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات.

في نظير الكربون-١٤ تحوي النواة ٦ بروتونات و ٨ نيوترونات.



البروتونات والنيوترونات والإلكترونات تُدعى الجسيمات دون الذرية.

النظائر

جميع ذرات العنصر الواحد تحوي عددًا مماثلًا من البروتونات؛ لكن عدد النيوترونات في بعضها قد يختلف، وتُسمى جميع ذرات العنصر حينئذٍ نظائر. فنواة ذرة نظير الكربون-١٢، مثلاً، تتضمَّن ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات، بينما تحوي نواة نظير الكربون-١٤ نيوترونين إضافيين؛ وهو ذو فاعلية إشعاعية. وتُعرف النظائر ذات الفاعلية الإشعاعية بالنظائر المشعة.

أبعاد الذرة

الذرات أصغر من أن تتمثلها مُمخلة الإنسان. فقطر الذرة، الذي يُقارب الأنغستروم، يعني أن المليمتر يتسع لـ ١٠ ملايين ذرة مُتصافَّة جنبًا إلى جنب. ورغم صغرها الفائق هذا، فإن الذرات تتألف من



مُعظم الذرة فراغٌ خاو - حتى في الذرات المُولفة من جسيمات كثيرة.

شريحة نصفية لذرة الكربون

يُعتمد عدد غلافات الذرة على عدد إلكتروناتها. فذرة البروم ٣٥ إلكترونًا في أربعة غلافات. وقد يبلغ عدد الغلافات في بعض الذرات سبعة.

الغلاف الأول لذرة الكربون يحوي إلكترونين، والإلكترونات الأربعة الأخرى تتواجد في الغلاف الثاني.



جون دالتون

الفيلسوف اليوناني ديمقريطس (حوالي ٤٦٠ - ٣٦١ ق.م.)، ارتأى أن العالم يتألف من جسيمات دقيقة لا تقبل الانقسام أسماها ذرات. وظلَّ مفهومه هذا موضوع نقاش على مدى مئات السنين. وفي العام ١٨٠٨، تقدَّم الكيميائي البريطاني جون دالتون (١٧٦٦-١٨٤٤)، بناءً على تجارب أجراها، بنظرية مفادها أن كلَّ عنصر كيميائي يتألف من ذرات مُتماثلة، وأن العناصر تختلف لأن ذراتها مختلفة. وقد عرفت هذه النظرية منذئذٍ بالنظرية الذرية لدالتون.



الجسيمات دون الذرية

البروتونات والنيوترونات والإلكترونات في الذرة إن هي إلا ثلاثة جسيمات أساسية من أكثر من ٢٠٠ جسيم دون الذري معروفة اليوم. ويواصل العلماء اكتشاف جسيمات جديدة واصطناع أخرى، مستخدمين آلات عالية القدرة، تدعى مسارعات الجسيمات لتحطيم الذرات والجسيمات دون الذرية، على سرعات عالية جدًا. وهم يطلقون على هذه الجسيمات أسماء غريبة عجيبة مثل كاؤن وطاقون وإيسيلون وباريون ولامدا إلى غير ذلك.



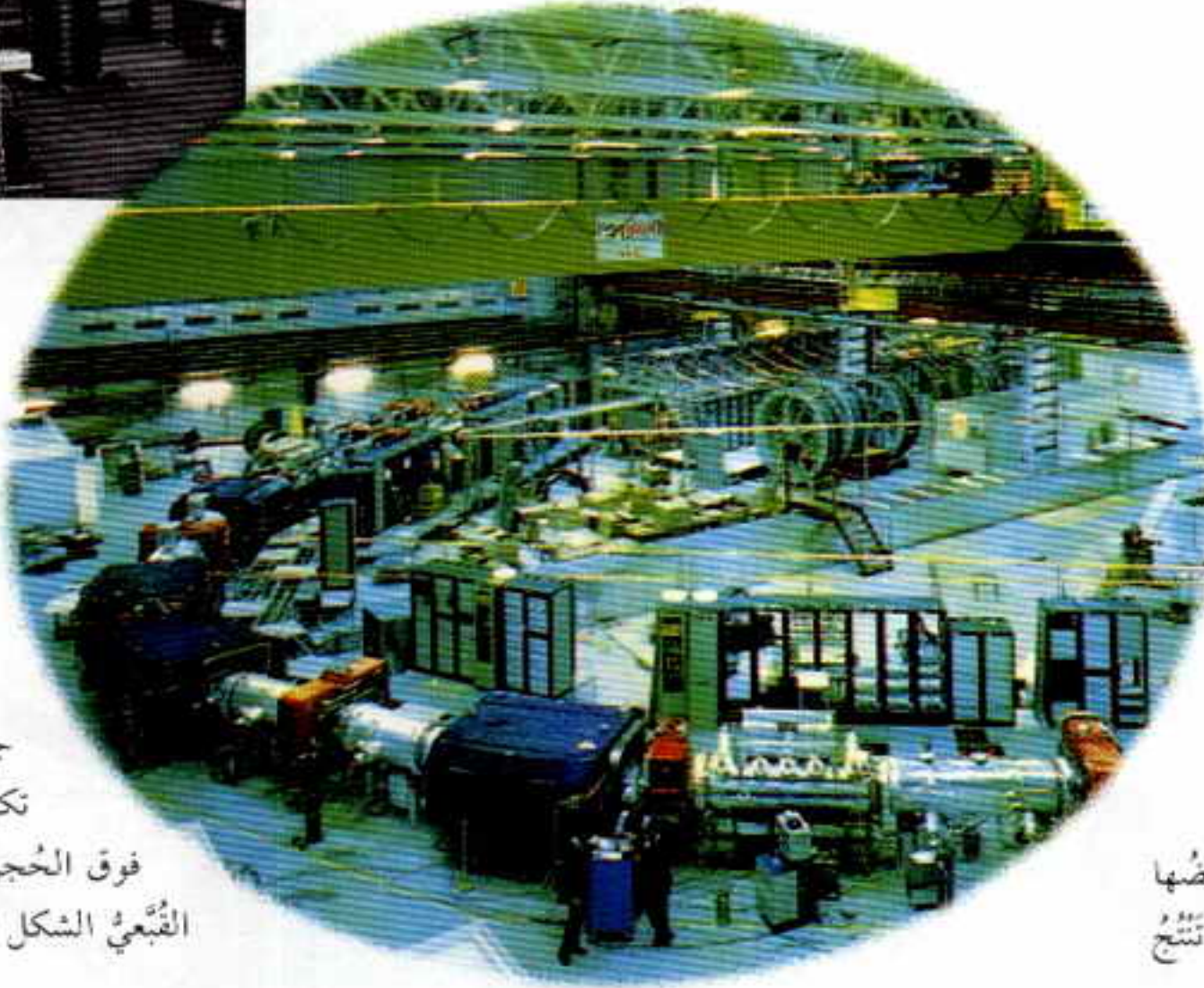
إرنست رذرفورد

في العام ١٩١١، اكتشف الفيزيائي البريطاني النيوزيلندي المولد، إرنست رذرفورد (١٨٧١-١٩٣٧) أن للذرة مركزًا كثيفًا دقيقًا تتركز فيه كتلتها هو النواة. إذ

كان رذرفورد وزملاؤه يقذفون رقيقة من الذهب بجسيمات ألفا الموجبة الشحنة، التي يتألف جسيمها الواحد من بروتونين ونيوترونين، وجدوا أن معظم الجسيمات تخترق الرقيقة دون تغيير مسارها، بينما ينحرف بعضها عن مساره، في حين أن القليل منها عاد مرتدًا إلى الوراء. فتيقن بذلك أن شحنة الذرة الموجبة تتركز في نواة صغيرة هي سبب تلك الانحرافات، وأن الذرة بمعظمها فضاء خاوي.

مسارعات الجسيمات

في المسارعات، كهذا السنكروترون (إلى اليسار)، تُرسل حزم من الجسيمات دون الذرية في مدارات دائرية، بفعلي كهرمغناطيسات بالغة القدرة، وتسرع بواسطة نبضات كهربائية. وعندما تبلغ الجسيمات سرعة كافية، تُستخرج وتوجه للتصادم بعضها مع بعض. ويشرح العلماء تاليًا تحليل الجسيمات الجديدة التي تنتج عن هذه التصادمات.

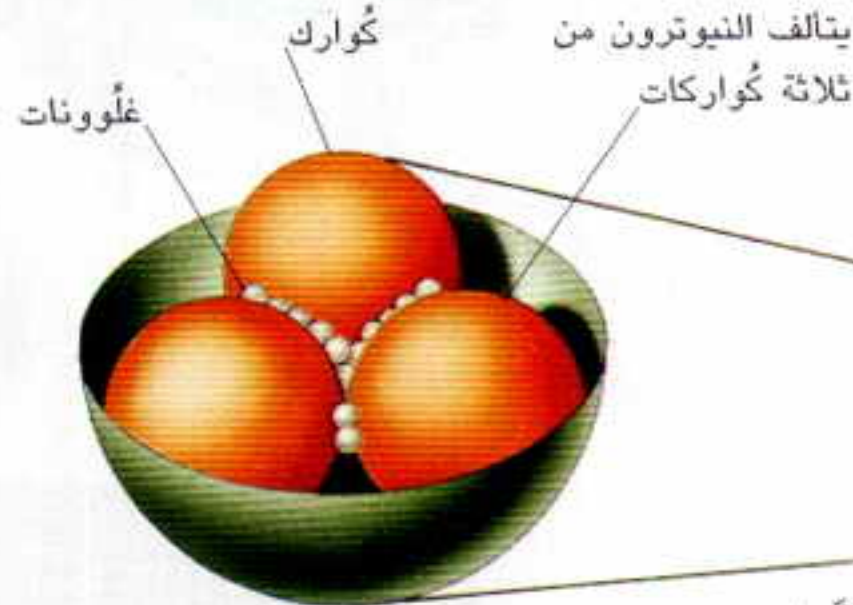


المخترعون

جون كوكروفت (١٨٩٧-١٩٦٧) وإرنست والتون (١٩٠٣-) كانا أول من طور مسارعًا للجسيمات عام ١٩٣٢، ونالا بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٥١. في الصورة أعلاه، يظهر إرنست والتون جالسًا داخل حجرة العد، حيث تكتشف الجسيمات. الأنبوب الطويل فوق الحجرة هو الأنبوب المسارع، والقسم القُبُعِي الشكل فوقه هو مركز انطلاق الجسيمات.

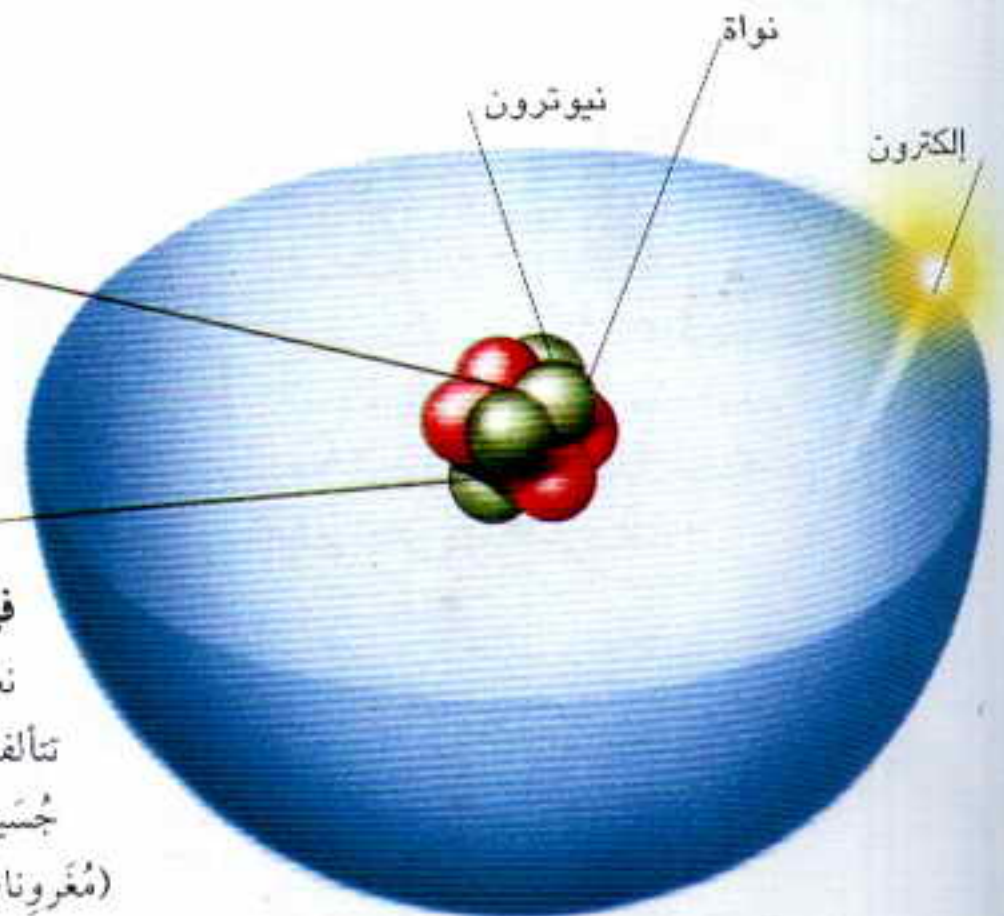
الجسيمات دون الذرية

عام ١٨٩٧، اكتشف ج.ج. طومسون الإلكترون (١٨٥٦-١٩٤٠).
عام ١٩٠٩، قاس روبرت ميليكان الشحنة السالبة للإلكترون.
عام ١٩١١، اكتشف إرنست رذرفورد نواة الذرة (١٨٧١-١٩٣٧).
عام ١٩١٣، اكتشف نيلز بور (١٨٨٥-١٩٦٢) الغلافات الإلكترونية.
عام ١٩٣٢، اكتشف جيمس شادويك النيوترون (١٨٩١-١٩٧٤).
عام ١٩٦٣، نظّر موريس غل-مان بوجود الكواركات (١٩٢٩-).
مسالك الجسيمات في حجرة الفقاعات.



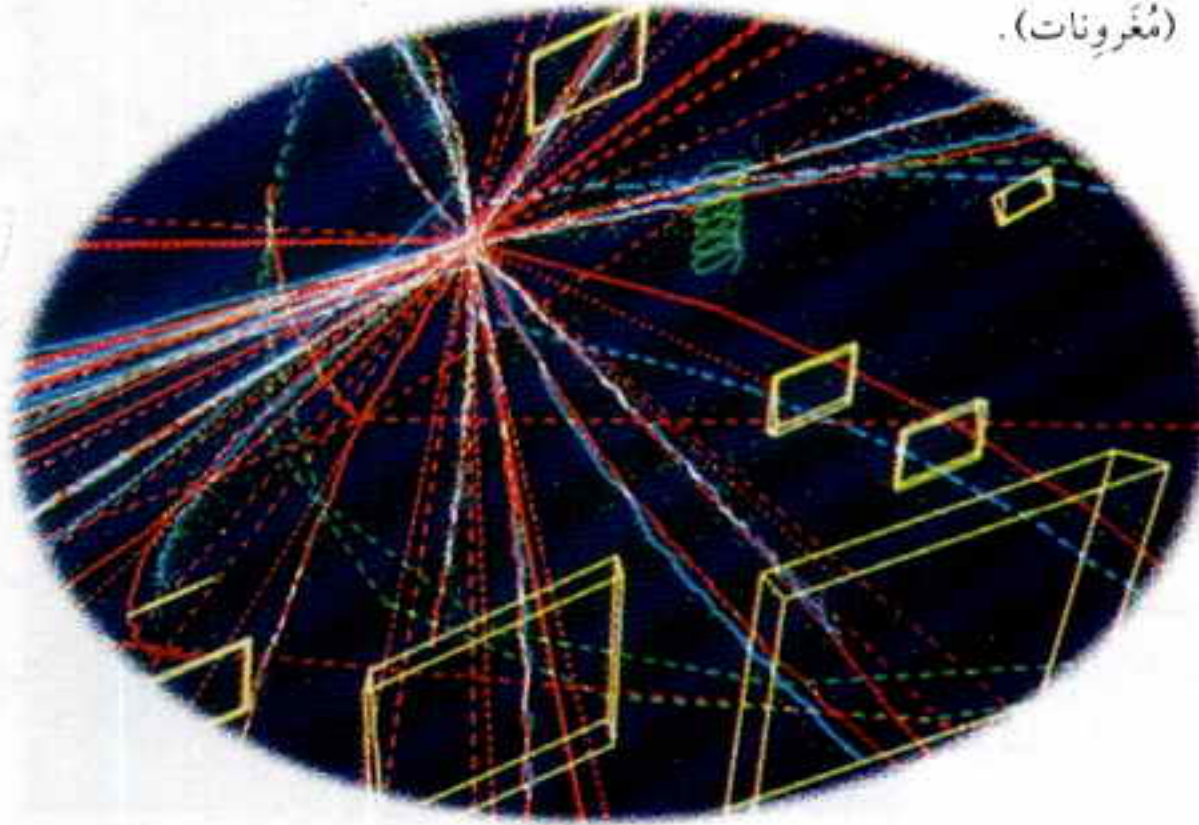
في باطن النواة

نعلم حاليًا أن نواة كل ذرة تحوي بروتونات ونيوترونات. وهذه بدورها تتألف من جسيمات أصغر منها تدعى كواركات تتماسك فيما بينها بواسطة جسيمات أخرى تدعى غلوونات (مُعرّونات).



مسالك الجسيمات

كثيرًا ما يستخدم العلماء كاشفات إلكترونية، لتحديد مسالك الجسيمات المؤلفة في التصادمات داخل المسارعات. ويُعالج حاسوب المعلومات المجمعة ويعرض المسالك على شاشة. ومن خصائص تلك المسالك يستطيع العلماء تحديد كتل الجسيمات التي رسمتها وشحناتها الكهربائية. فالمسلك اللولبي الأخضر مثلاً، في الرسم المقابل هو للإلكترون خفيض الطاقة.



لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦
الترابط الكيميائي ص ٢٨
العناصر ص ٣١
الكربون ص ٤٠
ل طاقة النوية ص ١٣٦
الضوء ص ١٩٠
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

النشاط الإشعاعي

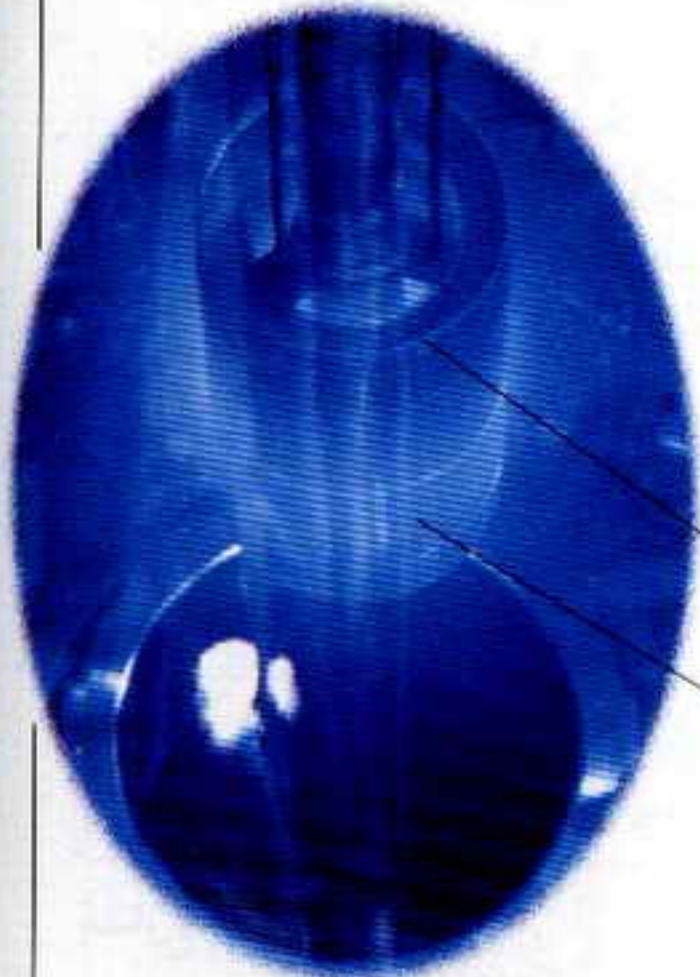
التَّوَهُّجُ الإِشْعَاعِيّ

تُخْتَرَنُ الموادُ المَشِعَّةُ غالبًا في الماء،
لأنَّ الماءَ يعمل كدِرْعٍ يَمْتَصُّ
الإشعاعَ. وقد اكتشف الفيزيائي
الروسي، بافل شيرنكوف، أنَّ مُرَوِّرَ
الجُسيماتِ عَبْرَ الماءِ يجعلُهُ يَتَبَعُ
ضوءًا أزرق (سُمِّيَ أشعةُ شيرنكوف)
فقال باكتشافه هذا جائزة نوبل.

الإشعاع المُستخدَم في المستشفيات لمعالجة المَرَض سببُه تفكُّك النوى الذريَّة. إنَّ معظم الذرَّات ذاتُ نوى مُستقرَّة - أي إنَّ عددَ النيوترونات يبقى مُساوياً لعددِ البروتونات، لكنَّ بعض النوى في بعض العناصر غيرُ مُستقرَّة وشَطورة، وهي لذلك إشعاعيَّة. إنَّ عددَ النيوترونات في النوى غير المُستقرَّة، وتُدعى النظائر المُشعَّة، يَختلفُ عن عددها في النوى المُستقرَّة. وعندما تتفكَّك هذه النظائر تبتعثُ إشعاعاتٍ ويعرف هذا بالاضمحلال الإشعاعيّ. والمعروف أنه كلما ازداد عدد الجُسيمات دُون الذريَّة في الذرة، يزداد الإحتمال بأن تكون مُشعَّة. فذرة اليورانيوم، مثلاً، ذاتُ ٢٣٨ جُسيمًا دُون الذرِّيّ، وهو عنصرٌ عالي الإشعاعيَّة.

النشاط الإشعاعي

عام ١٨٩٦ اكتشف انطوان بيكريل
(١٨٥٢-١٩٠٨) النشاط الإشعاعي.
عام ١٨٩٨ اكتشفت ماري كوري
(١٨٦٧-١٩٣٤) وزوجها بيير كوري
(١٨٥٩-١٩٠٦) الراديوم والبولونيوم.
عام ١٩٣٤ اكتشف باؤل شيرنكوف
(١٩٠٤-) أشعة شيرنكوف.
عام ١٩٣٤ برهنت آيرين جوليوت كوري
(١٨٩٧-١٩٥٦) ابنة ماري وبيير،
وزوجها فردريك (١٩٠٠-١٩٥٨) أنَّ
النشاط الإشعاعي يمكن إحداثه
اصطناعاً.



قُضِبَانَ الْوَقُودِ مِنْ
مُفَاعِلِ نَوَوِيٍّ

يُبَيِّنُ الْمَاءَ أَشْعَةً
شَيْرِنَكُوف

الْقُدْرَةُ الْإِخْتِرَاقِيَّةُ

تَبَعَتْ النِّظَائِرُ الْمُشَيَّعَةَ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ مِنَ
الْإِشْعَاعِ هِيَ أَشَعَّةُ أَلْفَا وَبَيْتَا وَغَامَا،
وَجَمِيعُهَا تَشْكُلُ خَطَرًا عَلَى الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ
لَأَنَّ بِإِمَّاكَانِهَا الْعُبُورَ إِلَى الْأَنْسَجَةِ الْحَيَّةِ
وَإِعْطَابِهَا: فَإِذَا تَعَرَّضَ أَحَدٌ لَقَبِضٍ مِنَ
الْإِشْعَاعِ تَعَرَّضَتْ حَيَاتُهُ لِلْخَطَرِ. وَالْمَعْلُومُ
أَنَّ أَشَعَّةَ أَلْفَا هِيَ الْأَقْلُ ضَرَرًا فَجُسِمَاتُهَا لَا
تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ صَفِيحَةٍ وَرَقِيَّةٍ. كَمَا إِنَّ
جُسِمَاتِ بَيْتَا تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ صَفِيحَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ
لِصَدِّهَا. أَمَّا أَشَعَّةُ غَامَا، الْحَادَّةُ الْإِخْتِرَاقِيَّةُ،
فَلَا يُوقِفُهَا إِلَّا صَفِيحَةُ سَمِيكَةٍ مِنَ الرِّصَاصِ
أَوْ جِدَارٌ مِنَ الْخَرَسَانَةِ.

تسري أشعة
ألفا بسرعة
تعاادل ١٠٪ من
سرعة الضوء.

تسري أشعة
بيتا بسرعة
تعاادل ٥٠٪ من
سرعة الضوء.

أشعة غاما
تسري بسرعة
الضوء.

صفحةُ ألومنيوم
سمكها ١ ملم

صفحية من الرصاص
سمكها ١,٥ سم

يَفْقُدُ الْيُورَانِيُومَ جُسَيْمَاتٍ مِنْ نَوَيَاتِهِ
الْمُضْمَلَةِ إِشْعَاعِيًّا. يَبِينُ الرَّسْمُ أَدْنَاهُ
بِضْعَةِ مَرَّاحِلَ فَقَطُ مِنْ هَذَا الْإِنْحِلَالِ.

الإِضْمَحْلَالُ الإِشْعَاعِيّ

اليورانيوم-٢٣٨، أكثر نظائر اليورانيوم إنتشارًا، تحوي نواته ٢٣٨ جُسيمًا ينخفض عددها مع ابتعاد الإشعاع. ويحدث ذلك في سِلْسِلَة من المراحل يتكوّن في كُلِّ منها عنصرٌ جديد. يُدعى مُعدَّلُ هذا الاضمحلال الإشعاعي عُمرُ النّصف، وهو الزمن اللازم لاضمحلال نصف ذرّات المادّة المُشعّة. إنّ عُمرُ النّصف لليورانيوم-٢٣٨ هو ٤٥٠٠ مليون سنة، لأنّ آيَة كميّة من اليورانيوم-٢٣٨ تحتاجُ إلى ٤٥٠٠ مليون سنة ليضمحلّ نصفُ ذرّاتها إشعاعيًّا.

اليورانيوم-٢٣٨

مَرَحِلَتَانِ مِنْ
إِشْعَاعِ بِيْتَا

خَمْسُ
مَرَاجِلَ
إِشْعَاعِ

إِشْعَاعِ
أَلْفَا

الرُّصَاصُ-٢١٤

إِشْعَاعِ بِيْتَا

البولونيوم-٢١٤

إِشْعَاعِ أَلْفَا


الرُّصَاصُ

البولونيوم-٢١٠

ثَلَاثَ مَرَاجِلَ مِنْ
إِشْعَاعِ بِيْتَا



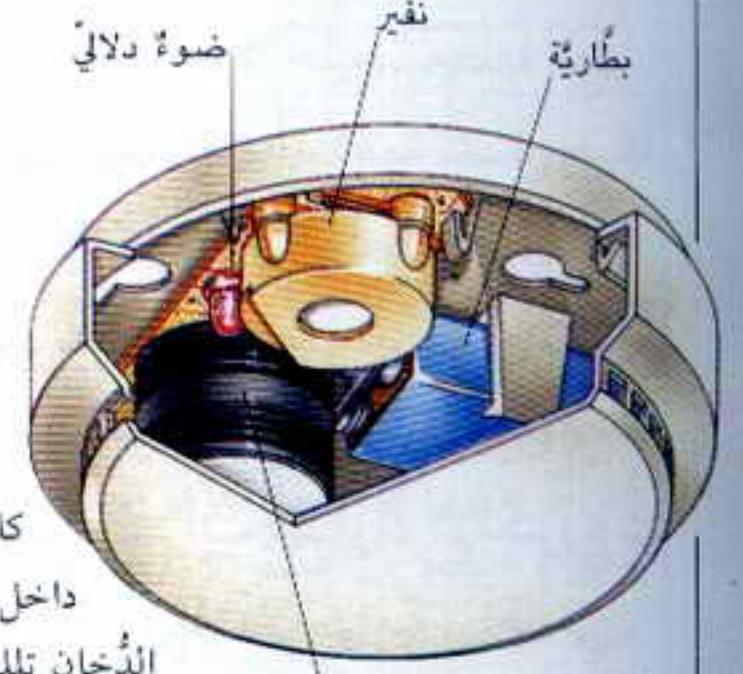
ماري کوري



اُكتشف الفيزيائي الفرنسي، أنطوان بيكريل، الفاعلية الإشعاعية لليورانيوم عندما لاحظ تَغَيُّشًا غير متوقَّع في لوحة فوتوغرافية كانت على مَقَرَّةٍ من أملاح اليورانيوم. إثرَ ذلك راحَت ماري كوري وزوجها يُعَيِّرُ يستقصيان اليورانيوم، فوجدا أن اليُثْبَلَنْد، خامَ اليورانيوم، هو على درجة من الفاعلية الإشعاعية تُوحِي بتواجد عنصر مُشعٍّ آخر بين مقوماته. وكان أن وَجَدَا عنصرين هما الرَّادِيُوم والپُولُونِيُوم. وتقاسَم بيكريل وماري وبيير كوري جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٠٣ لِعَزْلِهِم عنصر الرَّادِيُوم. وقد ماتت ماري كوري بداء اللوكيميا (سرطان الدَّم) رُبَمَا بسبب تَعَرُّضِها المفرط للإشعاع!

الاستخدامات المفيدة للإشعاع

الأشعة المنبعثة من المواد المشعة قد تكون قتالة، لذا يجب التعامل معها بعناية بالغة. وهي قد تُسخر لأغراض نافعة، كما في النظم القلبية ذات البطاريات النووية التي تدوم لمدة أطول بكثير من البطاريات العادية. كذلك فإن الأمراض السرطانية تُكتشف وتُعالج باستخدام الإشعاعات.



تحتوي حجرة التحسس مادة مشعة تساعد في اكتشاف الدخان.

أجهزة الإنذار من الدخان

يحتوي الكثير من أجهزة كشف الدخان مصدراً مشعاً ضعيفاً كالأمريسيوم-241. إن إشعاعات هذا العنصر تؤين الذرات داخل حجرة التحسس مُرسلة تياراً كهربائياً ضئيلاً. فإذا دخل الدخان تلك الحجرة، تضطرب الأيونات ويُخفّض التيار، فتُجسّس الجذادة الضعيفة هذا الانخفاض وتُطلق نغمة الإنذار.



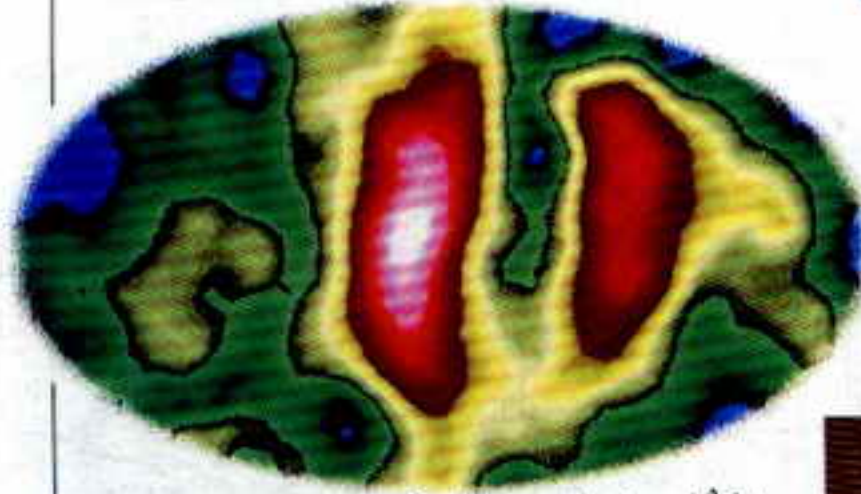
مُناولة المواد المشعة

يجب معاملة المواد المشعة بعناية بالغة. ففي الصناعة النووية يعالج العاملون هذه المواد من خلال قفازات مرصّة في صندوق مُدرّع. وحينما يضطرون إلى مُناولة تلك المواد الخطرة خارج الغرف المتواجدة فيها، يستخدمون آلات بُعادية التحكم تُحاكي عمل أيديهم. ويحمل جميع العاملين في المجالات النووية شارات صدرية خاصة تُسمى مقياس الجرعات، تسجل كمية الإشعاع التي يتعرضون لها خلال فترة زمنية مُعيّنة.



السقوط المشع

تحتوي مخططات القدرة النووية كميات كبيرة من المواد المشعة لا خطر منها عادة، لكن فيها خطر كامن. أسوأ الحوادث النووية العالمية كان انفجار مفاعل شيرنوبيل النووي، بأوكرانيا، في نيسان ١٩٨٦. فالمواد المشعة التي انقذت في الهواء عادت لاحقاً إلى الأرض تساقطات مشعة، ملوثة مناطق شاسعة من أوروبا وآسيا. وتبين الخارطة المُقابلة مناطق التلوث الإشعاعي في العالم بعد عشرة أيام من الانفجار.



الرّقم بالنظائر المشعة

عندما تُحقن بعض النظائر المشعة في الجسم، تتجمّع في أعضاء مُعيّنة تفرّقها وتبرزها، ممّا يُيسّر للأطباء المُختصين فحصها. كما إن الأشعة التي تبعثها تلك النظائر قد تُكتشف أيضاً الأنسجة المُعطوبة. في الصورة المُصطَنعة الألوان لقلب بشري أعلاه، يظهر النسيج المعطوب على شكل بضوء (حذوة) في يسار الصورة.



التأريخ بالكربون المشع

في أنسجة الحيوانات والنباتات نسبة معروفة من نظير الكربون المشع (الكربون-١٤). وعند موت هذه الخلوقات يتوقف تناولهم لمزيد من الكربون، وتستمر كمية الكربون-١٤ طبعاً بالتناقص بمعدل معروف (هو عُمر النصف). وباستخدام هذا المعدل، يُمكن تقدير عُمر المواد العضوية القديمة بقياس كمية الكربون-١٤ المتبقية فيها. إن عُمر البطاقة الخشبية هذه المُؤمّرة للموميا، هو حوالي ٢٥٠٠ سنة.



العلاج بالإشعاع

يُعالج المرضى المُصابون بداء السرطان بالإشعاع. في هذه المكنة، تُرَكّز أشعة غاما المنبعثة من نظير كوبلت-٦٠ مُشع على المنطقة المُصابة لقتل خلاياها ومنع السرطان من الانتشار إلى مناطق أخرى من الجسم؛ كما تُستخدم أشعة غاما أيضاً في تعقيم المُعدات الطبية.

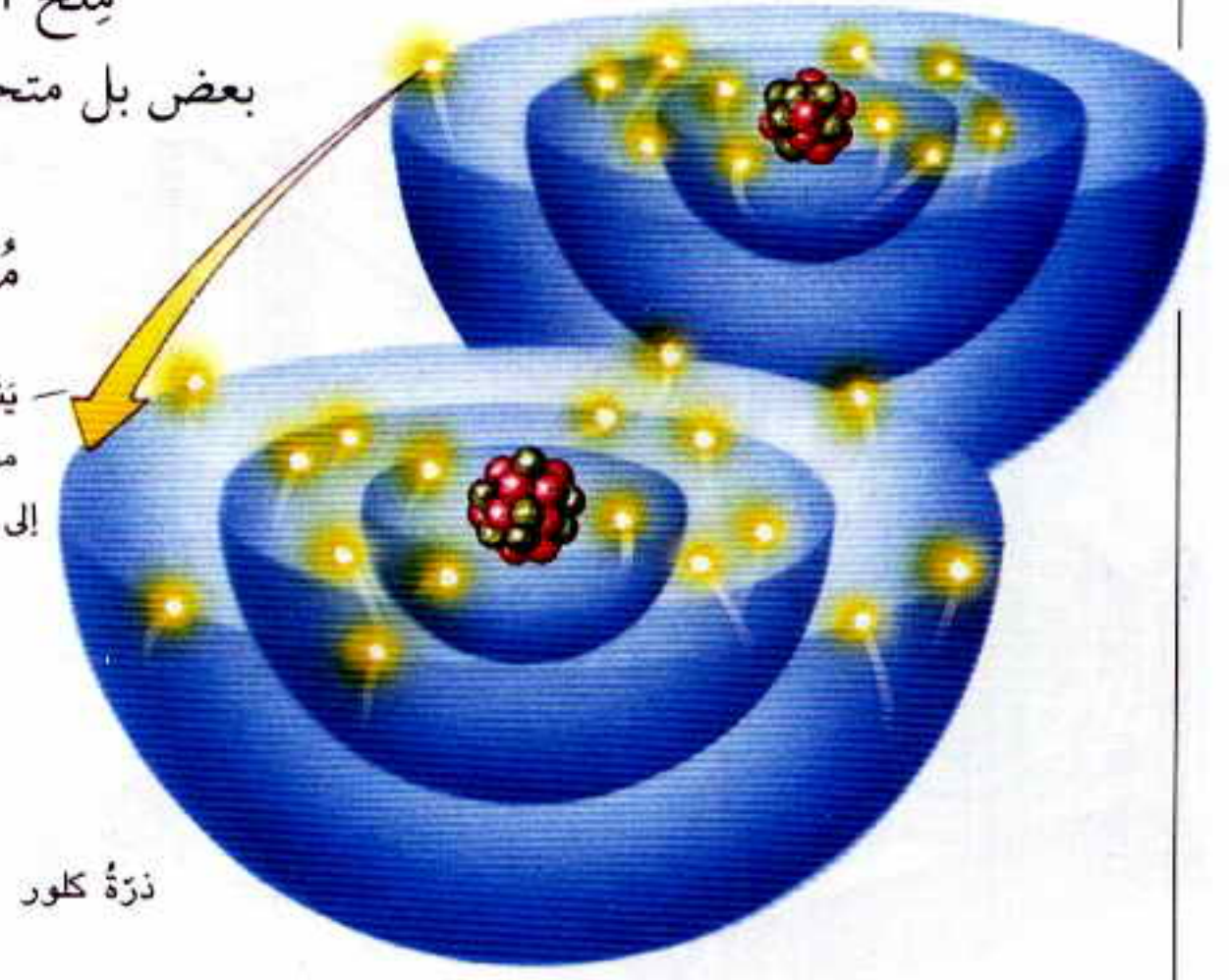
لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- التربط الكيماوي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الهيدروجين ص ٤٧
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الظيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

التَّرابُط الكيماوي

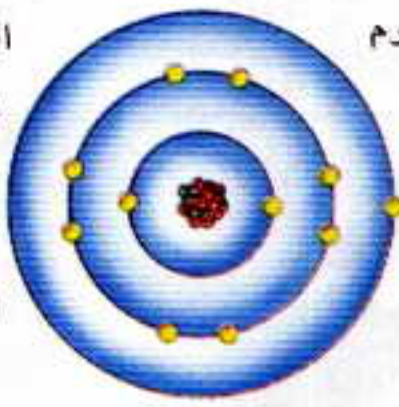
ذرة صوديوم

ملح الطعام تؤلفه ذرات الصوديوم والكلور. وهي ليست مجرد خليط بعضها مع بعض بل متحدة ومتماسكة معا بروابط كيماوية. والروابط هذه بمختلف أنواعها تشمل حركة الإلكترونات في الغلافات القصوى للذرات والإلكترونات نفسها بطرق متباينة. في الملح، مثلا، تمنح الذرات إلكترونات (كما الصوديوم) أو تتلقاها (كما الكلور). وهذا يشكل ما يُعرف بالروابط الأيونية. أما في مركبات أخرى، كالماء، فالذرات تشارك الإلكترونات فيما بينها مُشكِّلة ما يُدعى بالروابط الإسهامية. أما في الفلزات، فالإلكترونات تسري حول جميع الذرات فيما يُعرف بالروابط الفلزية. فالذرات المختلفة المتحددة والمتماسكة بعضها مع بعض بهذه الروابط المختلفة تؤلف ملايين المواد المتنوعة المتباينة المتواجدة على الأرض.

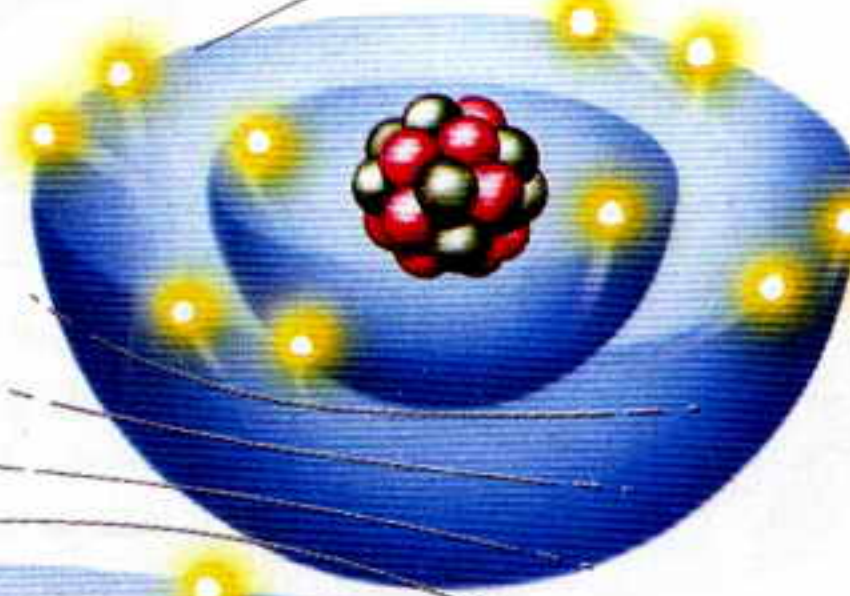


التكافؤ

التكافؤ هو عدد الروابط التي يمكن للذرة أن تتحد بها مع ذرة أخرى. ولكل ذرة رقم يبين ذلك يُدعى رقم التكافؤ. فذرة الصوديوم، مثلا، رقم تكافؤها واحد إذ إن غلافها الخارجي يحوي إلكترون واحد، بينما يضم غلافها الثاني مجموعة ثمانية. فهي لذا تنزع إلى الترابط بهذا الإلكترون مع ذرة أخرى (كما في كلوريد الصوديوم) وتبقى هي بمجموعة ثمانية مستقرة. أما ذرة الكربون فلديها أربعة إلكترونات في غلافها الخارجي، وبمقدورها الترابط مع أربع ذرات أخرى لتكوين مجموعة ثمانية مستقرة. وهكذا فإن رقم تكافؤها يساوي أربعة. هذا ولبعض الذرات تكافؤ متغير، فذرة الحديد، مثلا، تستطيع الترابط مع ذرتين أخريين أو ثلاث.



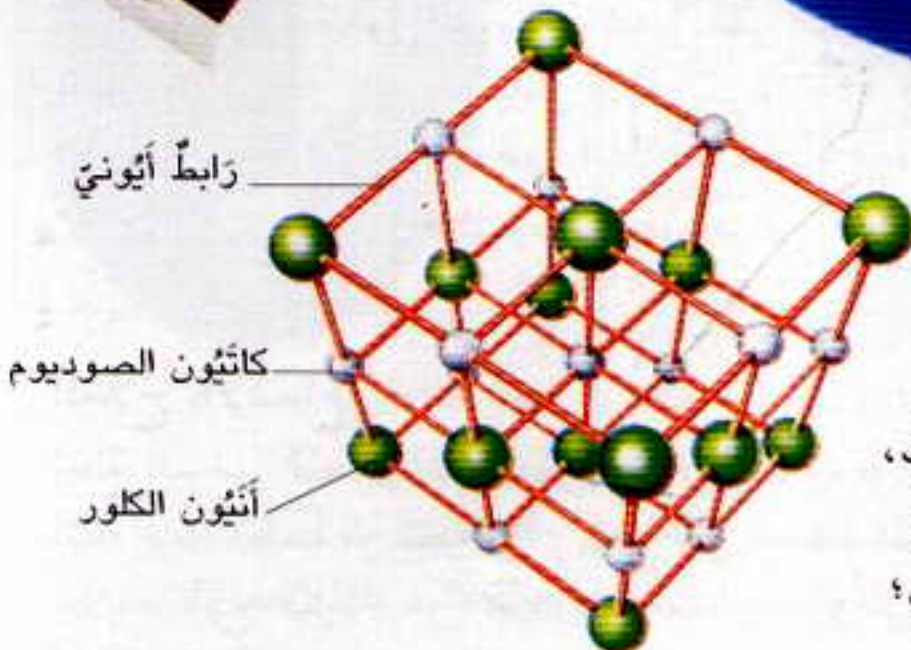
لقد خسرنا ذرة الصوديوم إلكترونًا سالب الشحنة فأصبحت أيونًا موجب الشحنة يُدعى كاتيونًا (هابطة).



الروابط الأيونية

يتم الترابط الأيوني عندما تكسب الذرة أو تخسر إلكترونًا أو أكثر من إلكترونات غلافها الخارجي الأقصى. وهي بذلك تصبح مشحونة بالكهرباء، فتسمى أيونًا. والأيونات إما هابطة (كاتيونات) أو صاعدة (أنيونات). فالذرة التي خسرت إلكترونات تصبح هابطة (كاتيون) أو أيونًا موجب الشحنة، والذرة التي اكتسبت إلكترونات تصبح صاعدة (أنيون) أو أيونًا سالب الشحنة. وهذه الشحنات المتضادة كهربائيًا تجذب الأيونات بشدة بعضها نحو بعض؛ لذا فإن معظم الروابط الأيونية متينة من العسير جدًا فتمسها. وهكذا، فالمركبات الأيونية هي غالبًا من الجوامد، ولا تنصهر إلا على درجات حرارة عالية جدًا. وعند اتحاد ذرات الصوديوم والكلور، مكونة روابط أيونية فيما بينها، تصبح المركب الأيوني كلوريد الصوديوم (ملح الطعام).

بترابط الذرات يزداد استقرارها، وتكون عادة أكثر استقرارًا عندما يحوي غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات تشكل ما يُسمى الثمانية المستقرة.



وكسبت ذرة الكلور إلكترونًا فأصبحت بذلك أيونًا سالب الشحنة يُدعى أنيونًا (صاعدة).

البنية الأيونية

في مركب أيوني ككلوريد الصوديوم، تنظم جميع الأيونات في هيكلية منتظمة تُدعى شبكة أيونية مُهيكلية. فبلورات الملح مُكعبات، تبعًا للبنية الأساسية للشبكة. إن جميع المركبات الأيونية تشكل شبكات؛ لكن نسق انتظام أيوناتها يختلف من شبكة إلى أخرى؛ وهذا يُعطي الشبكية بنية مختلفة، والبلورة شكلًا مُغايرًا مُميزًا.

لينوس بولينج

وُلد لينوس بولينج، الكيميائي الأمريكي، عام ١٩٠١. وخلال الثلاثينيات من القرن العشرين، طور نظريات مهمة حول الترابط الكيماوي والتركيب الجزيئي، وقام بقياس



مقادير الطاقة اللازمة لتكوين الروابط الكيماوية وزواياها، كما قاس المسافات بين الذرات. وقد نال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٥٤. وفي عام ١٩٦٢، مُنح أيضًا جائزة نوبل للسلام تقديرًا لجهوده في وقف تجارب القنابل النووية.

الروابط الإسهامية

كثرة من أنواع الذرات لا تخسر (أو لا تكسب) إلكترونات بسهولة لتشكل روابط أيونية، فتستعيز عن ذلك بمشاركة الإلكترونات فيما بينها. وتتم هذه المشاركة بأزواج تدعى أزواجاً إلكترونية. وهذا النمط من الترابط يسمى رابطة إسهامية، كما يدعى أصغر جزء من المركب ذي الروابط الإسهامية جزيئاً. إن قوى الجذب التي تشد هذه الجزيئات بعضها إلى بعض ضعيفة إلى حد بعيد، لذا نجد معظم المركبات الإسهامية الترابط غازات أو سوائل. وهي ذات نقاط انصهار وجليان خفيفة لأن قسَم الروابط بينها لا يستلزم طاقة كبيرة.

الجزيئات التساهمية

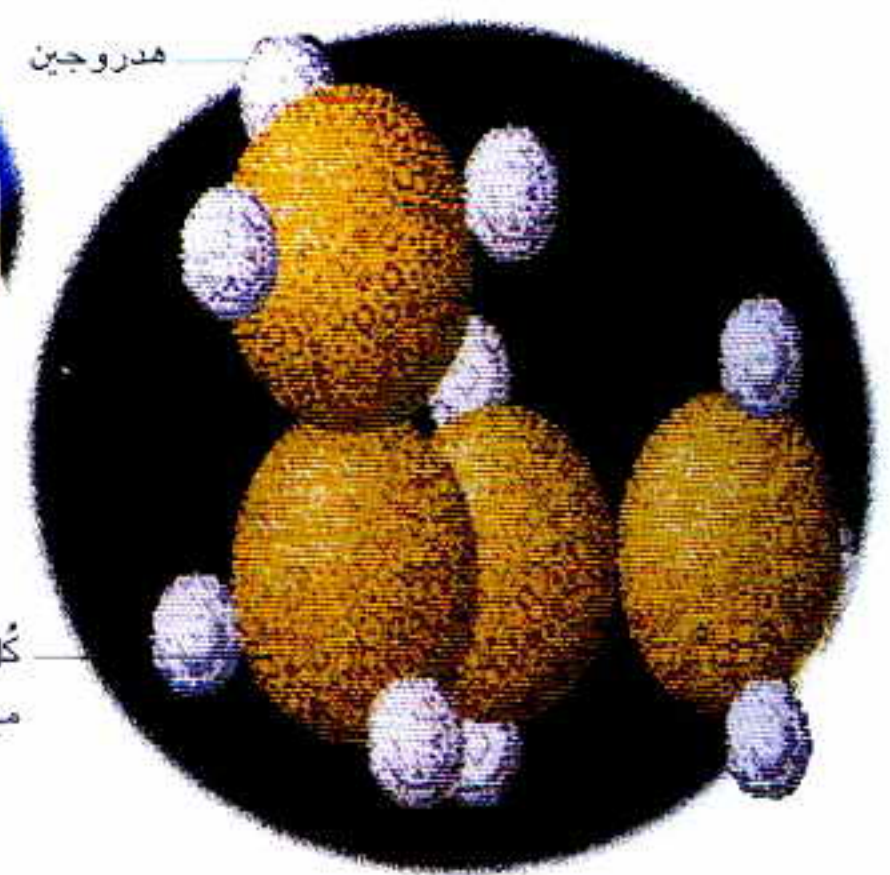
تُبين محاكاة الشكل الحاسوبية هذه بنية مُجسمة للمركب الكربوني البيوتان (غاز القوارير). فالبيوتان مركب تساهمي نموذجي، وسائله يتحول بسهولة إلى غاز لأن جزيئاته مترابطة فيما بينها بقوى ضعيفة، تدعى قوى فان دير فالز.



بيوتان من غاز

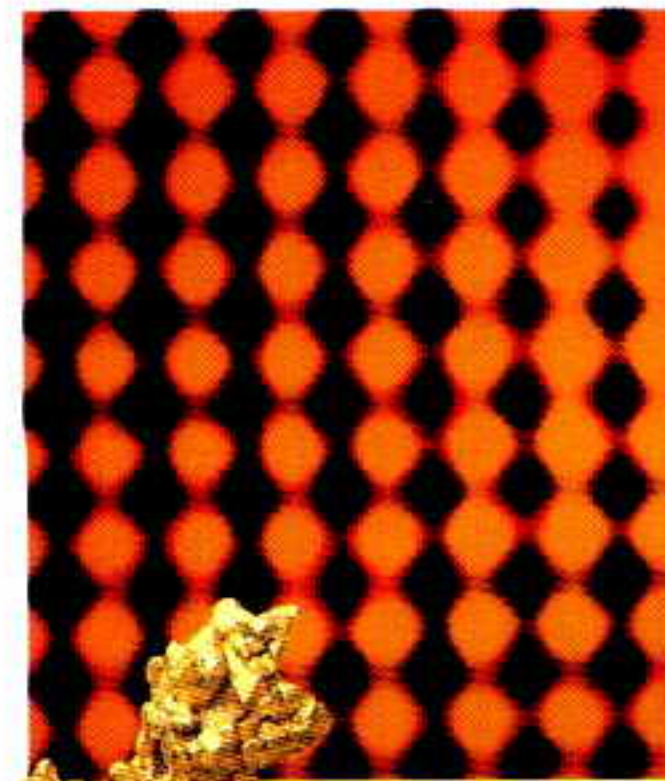
مُعَبَّأ في موقد مُحَيَّمات

كل ذرة كربون مترابطة مع ذرات أخرى.



الروابط الفلزية

ترابط الإلكترونات في الغلاف الخارجي لذرات الفلزات ترابط راح، لذا فهي تطفو في جمل أو «بحر» مشترك من الإلكترونات مكونة ما يُعرف بالترابط الفلزي. وهذا الجمل من الإلكترونات يمكنه أن يسري بحرية حول جميع الذرات، وهذا يُفسر كون الفلزات موصلات جيدة للحرارة والكهرباء. فعندما تسَلَط الحرارة أو الكهرباء على جزء من الفلز، تحملها الإلكترونات بسرعة إلى جميع الأجزاء الأخرى.

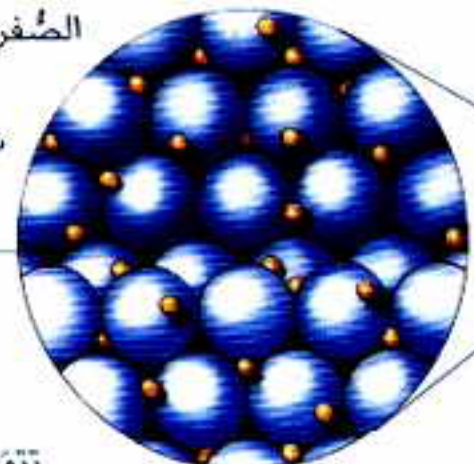


صورة مُصطنعة الألوان لشبكة ذهبية، والنقط الصفرة تمثل ذرات الذهب.

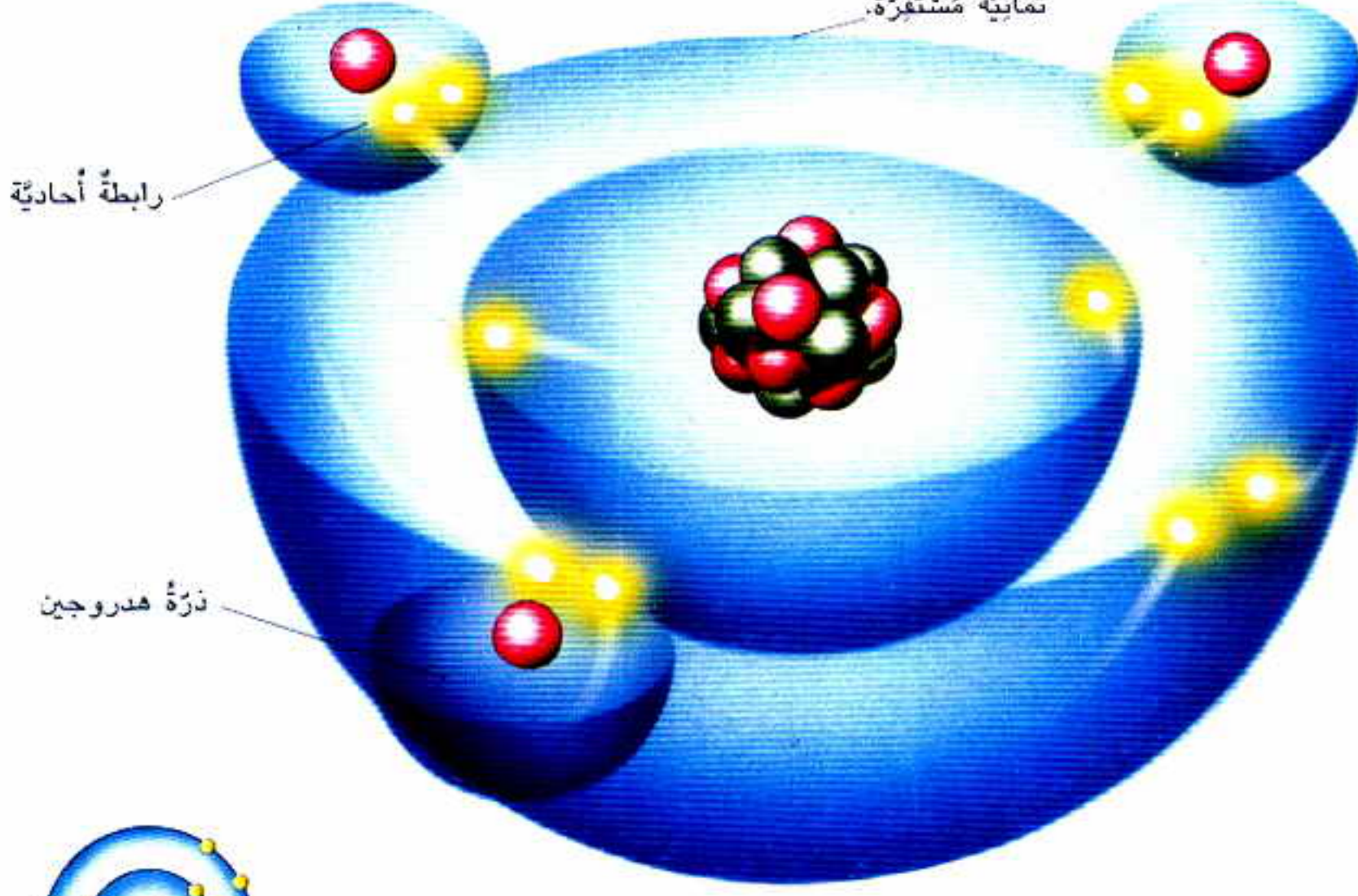
شذرة ذهب مُتبلرة

الإلكترونات الخارجية لذرات الفلزات تجول بحرية من ذرة إلى أخرى.

تتوهج الفتيلة المعدنية للصمجة حالما يمر التيار الكهربائي عبرها.



في الغلاف الخارجي لذرة الهيدروجين خمسة إلكترونات وهي تترايط مع ثلاث ذرات من الهيدروجين لتؤلف ثمانية مُستقرة.

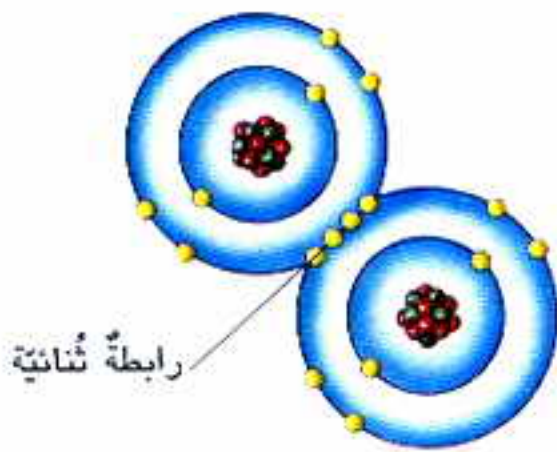


رابطة أحادية

ذرة هيدروجين

الروابط المزدوجة

في الروابط الإسهامية تشارك الذرات أحياناً بزوجين من الإلكترونات بدلاً زوج واحد. فجزء أكسجين الهواء، مثلاً، يتألف من ذرتين مترابطتين برابطة ثنائية (مزدوجة).



رابطة ثنائية

جزء الأكسجين (ذرتا أكسجين)

الروابط الهيدروجينية

يتألف جزء الماء (H2O) من ذرتي هيدروجين مترابطتين مع ذرة واحدة من الأكسجين برابطتين إسهاميتين. وبالإضافة إلى تماسكها بقوى فان دير فالز، فإن جزيئات الماء تترايط أيضاً بعضها مع بعض بروابط هيدروجينية. ويحصل هذا الترابط بانجذاب ذرات الهيدروجين الموجبة الشحنة نوعاً، إلى ذرات الأكسجين السالبة الشحنة نوعاً. وتكتسب ذرات الأكسجين الشحنة السالبة الضئيلة لأنها تجذب إلكترونات الترابط الإسهامي بقوة أكبر مما تفعل ذرات الهيدروجين.



بنية الفلزات

تراصف ذرات الفلزات صفوفًا منتظمة التوافق يشدها بحر من الإلكترونات في شبكة فلزية مهيكلية. ففي بحر الإلكترونات هذا لا تترايط الذرة مع الذرات المجاورة، بل تجول الذرات بحرية، لكن تظل دوماً متماسكة تُشكل روابط قوية في مواقعها الجديدة. وهذا يُفسر قابلية الفلزات للشد والتمطيع.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- البلورات ص ٣٠
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الكهرباء والتيار ص ١٤٨

البُلُورَات

إذا تفحصت قليلاً من السُّكَّر بعدسة مكبرة تر مُكعَّباتٍ دقيقة زجاجية المظهر هي بلُورات السُّكَّر. الحجارة الكريمة، كالياقوت والصفير هي بلُورات أيضاً. إنَّ مُعظم الجوامد، بما فيها الفلزَّات، تتألف من كمَّيات كثيرة من البلُورات قد لا يمكن رؤيتها أحياناً لأنها أصغر من أن تری، أو لِشِدَّة تَلَزُّها وتلاصُّقها. لكنَّ البلُورات في الصخور كثيراً ما تكون واضحة للعيان رُغم أنها غالباً لا تتخذ شكلاً مُحدَّداً لِتراصُّها معاً. أمَّا المُتنامي منها بحرية في الفجوات الصخرية فيتخذ أشكالاً مُنتظمة جميلة. هنالك سبعة أشكالٍ أو أنظمة بلُورية (مُبيَّنة أدناه)، وهي تعكسُ الترتيب أو النسق البلوري للذرات أو الأيونات التي تؤلف البلورة. والعلماء يتقصَّون هذا النسق بأشعة إكس (الأشعة السينية).



ألوانُ البلُورات

من البلُورات ما كُلُّه تقريباً ذو لونٍ واحد، كالكبريت؛ لكنَّ المَرَّو أو الكوارتز (ثاني أكسيد السليكون) مُتباينُ لونِ البلُورات لاحتوائه شوائب مُتنوعة. فالمرَّو النقي شفافٌ ويُدعى البلُور الصخري. أمَّا غيرُ النقي فقد يكون أبيض (كالمرَّو اللبني) أو قرنفلياً (كالمرَّو الوردی) أو أصفرَ ليمونياً (كالشَّرين). أمَّا النوعُ الأرجواني (الجَمَشْتُ) فتلونه ناتج أساساً من الحديد.

الانشقاق والتفلُّق

عند تصدُّع البلُورات يلاحظ أنها تتفلَّق غالباً بِمُوازاة مُستويات مُعيَّنة ذات علاقة بالنسق البلوري الأساسي. فالميك، مثلاً، تتفلَّق صفائح رقيقة بِمُوازاة قاعدة البلُورة.

البُجَمَاتِيَّة

بلُورات البُجَمَاتِيَّة، وهو صخر ناري، كبيرة لأنَّه كان قد برد ببطء. أمَّا عدم انتظام شكل البلُورات فعائد إلى أنها كانت قد تشكَّلت متراصة بعضها إلى بعض لا في حيزٍ حرٍّ.



الرُّمُود ذو تماثل سداسي.

التُّوباز (إلى اليسار) ذو تماثل مُعيني.



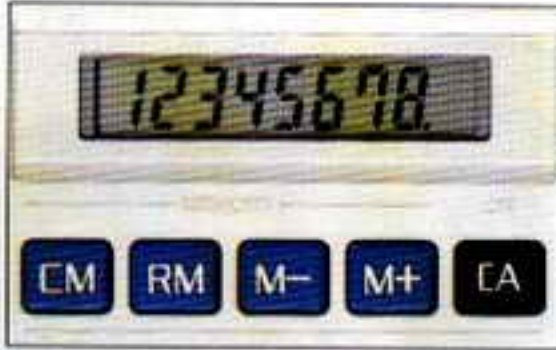
الغاليينا (خامة الرصاص) ذات تماثل مُكعبي.

الأنظمة البلُورية

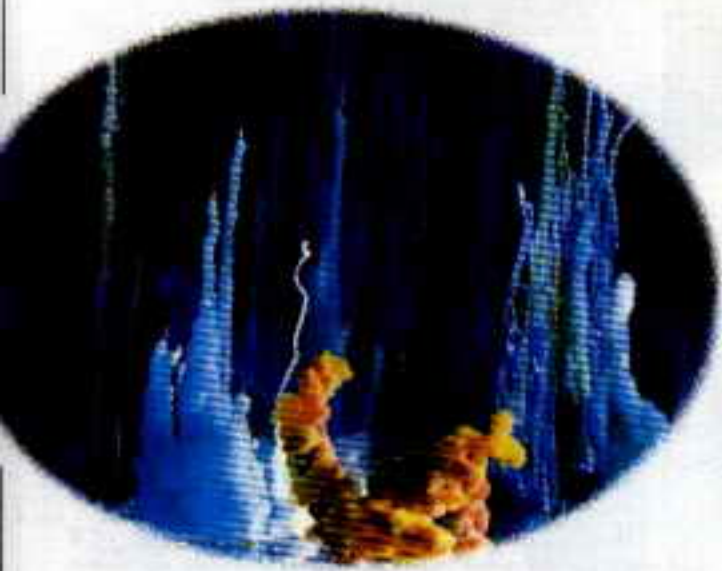
الأنظمة البلُورية السبعة مُبيَّنة أعلاه. والمعروف أنَّ البلُورات الكاملة والثامة الشكل نادرة. لكن مهما كان شكل البلورة فإنَّ بالإمكان قياس تماثلها. وهذا يُساعد العلماء على تعرُّف هويَّتها.

البلُورات السائلة

إنَّ ما تُشاهدُه في واجهة الساعات والحاسبات



الرَّقْمِيَّة يتألف من بلُورة سائلة شفافة محصورة بين صفيحتين من الزجاج في نمط مُعيَّن. وعندما يَمُرُّ التيار الكهربائي عبر البلُورة تبدو البلُورة مُسوَّدة في القطع المُراد إبراز الرقم الصحيح بها، بينما تظلُّ القطع الأخرى شفافة. وهكذا يتمُّ العرُض بالبلُورة السائلة.



تَنَمِّيَةُ البلُورات

تَنامي هذا النمط من البلُورات المختلفة حصل من بلُورات كبريتات الحديد المُشادِرة (البُنِّيَّة) وبلُورات كلوريد الكوبلت (الفاضة الزُرْقَة)، وبلُورات يترات النحاس (الفاضة الزُرْقَة). إنَّ تَنَمِّيَةَ البلُورات عملية سهلة يمكنك إجراؤها بتعليق خيط في محلول مُركَّز من الماء والسُّكَّر أو من الماء وبلُورات الجَنَازرة (كبريتات النحاس).

المَرَّو (الكوارتز) ذو تماثل ثلاثي.



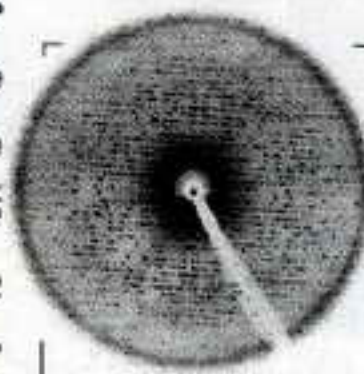
الأكْسِينِيَّت ذو تماثل ثلاثي الميل.



الجَبَس ذو تماثل أحادي الميل.



الايدوكراز ذو تماثل رباعي.

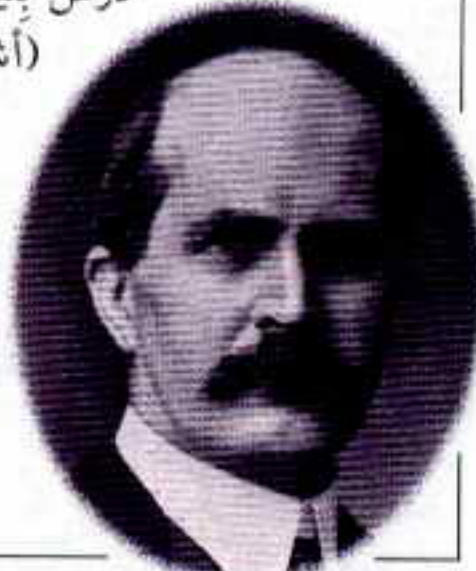


مُخطَّط بلُوري لأحد البروتينات بأشعة إكس.

وليام براج

وليام هنري براج (١٨٦٢-١٩٤٢) وابنه وليام لورانس براج (١٨٩٠-١٩٧١) كانا أوَّل من درس بُنْيَةَ البلُورات بالأشعة السينية (أشعة إكس). وقد نالا جائزة نوبل

للفيزياء عام ١٩١٥ لعمليهما هذا. عند إمرار حزمة من أشعة إكس عبر بلُورة تُسقط نمطاً نسقياً على صفيحة فوتوغرافية، يُدعى المُخطَّط البلُوري؛ ولكل بلُورة مُخطَّطها الخاص بها. وهذا المخطط يكشف البُنْيَةَ الداخلية للبلُورة ونسق ذراتها أو أيوناتها.



لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- الكبريت ص ٤٥
- الأملاح ص ٧٣
- كيمياء الماء ص ٧٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

العناصر

تتألف السبيكة الذهبية من نوع واحد من الذرات هي ذرات الذهب، وهذا يعني أن الذهب عنصر. والمعروف أن معظم الأشياء في الكون تتألف من مجموعات مؤلفة من الذرات المختلفة، تدعى مركبات. قلة من العناصر فقط يمكن أن تتواجد في حالة نقية، كالذهب والتحاس والفضة. لقد تم حتى اليوم تعرف ١٠٩ عناصر، يتواجد منها طبيعيًا ٨٩. وكان تم اكتشاف عشرة عناصر قبل القرن الثامن عشر، واكتشف معظم الباقي في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر حين بدأ الكيميائيون جديًا بتقصي العناصر والمركبات الكيماوية. وقد أصبح الجدول الدوري اليوم يضم ٢٠ عنصرًا اصطناعيًا لا تتواجد في الطبيعة؛ جميعها ذو فاعلية إشعاعية، وبقاء بعضها لا يتجاوز بضعة أجزاء المليون من الثانية.

نشأة العناصر

الهيدروجين، أبسط العناصر، كان أولها تكوينًا بعد مدة وجيزة من الانفجار العظيم الذي كان به الكون منذ آلاف ملايين السنين؛ ثم تلاه عنصر الهليوم. إن جميع العناصر التي تتألف منها الأرض حاليًا كانت قد تكونت في أعماق نجوم عملاقة، ثم انتشرت في الفضاء بعد تفجر تلك النجوم.

نجم يتفجر

الإلكترونات
السعة لذرة
الكربون تدوم
حولها باستمرار.
والاربعة منها في
الغلاف الخارجي
جاهزة للترابط
مع ذرات أخرى.

الذرات

جميع ذرات العنصر تحوي الأعداد نفسها من الإلكترونات والبروتونات. وهذا يجعل كل عنصر فريدًا كيميائيًا.

لمزيد من المعلومات انظر

البنية الذرية ص ٢٤
النشاط الإشعاعي ص ٢٦
الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
المركبات والمزيجات ص ٥٨
حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

عناصر في قشرة الأرض

عناصر جدد نادرة
البوتاسيوم
المغنسيوم
الصوديوم
الكالسيوم
الحديد
الالومنيوم
السليكون
الأكسجين

مختبر في القرن التاسع عشر

العناصر القديمة

خلال القرن الرابع ق.م. كان فلاسفة الإغريق، بمن فيهم أرسطو، يعتقدون أن جميع أشكال المادة مكونة من أربعة عناصر فقط هي النار والهواء والماء والتراب. كانت هذه العناصر مختلفة. فالعظم، مثلاً، كان، في زعمهم، يتألف من أربعة أجزاء نارًا، وجزأين ماءً، وجزأين من التراب. وبيّن الرسم أدناه، من مخطوط لقصيدة بالألمانية عن الخيمياء في القرن السابع عشر، أربعة رموز تمثل التراب والماء والهواء والنار.



العناصر في ما قبل التاريخ

الحديد كان أحد العناصر التي عرفها القدماء منذ حوالي العام ١٥٠٠ ق.م. فقد اكتشف الجيوتون، الذين استوطنوا ما هو اليوم أواسط تركيا، طريقة استخراج الحديد بإحماء خاماته. ولم يمضِ طويل وقت حتى انتشرت هذه المعرفة عبر القارة الأوروبية. من أجل الحصيد الحديدي هذا يزيد عمره على ٢٠٠٠ سنة.

نصل حديدي مثبت في مقبض من قرن وغل.

عصر العناصر

لعل الكيميائي الألماني، هينغ براند، باستخلاصه الشفوف عام ١٦٦٩، كان أول من يحضر عنصرًا من خاماته. لكن الأمر استغرق قرابة القرن من الزمان قبل أن يقتضيه آخرون بإحماء المواد لاستخلاص العناصر من مركباتها. وقد توصل بعضهم إلى فصل عناصر بالكهرلة - أي بإمرار تيار كهربائي عبر المواد، محلوقة أو مصهورة.

العناصر الشائعة

العنصران الأكثر شيوعًا في الكون كمجموع، وبقدر كبير، هما الهيدروجين والهليوم. فهما العنصران الأساسيان في النجوم، إذ يشكلان ٩٨ في المئة من مادتها. أما في القشرة الأرضية، فعنصر الأكسجين هو الأكثر وفرة بين جميع العناصر ويليه السليكون، حيث يشكلان معًا حوالي ثلاثة أرباع مقومات القشرة. والمعلوم أن العناصر الأكثر تواجدًا في جسم الإنسان هي الكربون والهيدروجين والأكسجين لأنها تولف معظم المركبات في جميع خلايا الجسم.



المسار الخطي

يستطيع الفيزيائيون التوويون تخليق عنصر جديد بضغط عنصر موجود بجسيمات فائقة السرعة في مسار خطي. فزيادة عدد البروتونات في نوى الذرات يتولد عنصر جديد.

الجدول الدوري للعناصر

قد يبدو هذا الجدول مُعَقَّدًا، لكنَّه في الواقع جدولٌ بسيطٌ بالعناصر جميعها مُرتبةً ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقية تبعًا لأعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أنَّ لمجموعات مُعيَّنة من العناصر خواصَّ مُتماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميع مُجدولة بشكل يُبين ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدم حتى اليوم؛ فيستطيع الكيميائي معرفة الكثير عن عُنصر ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

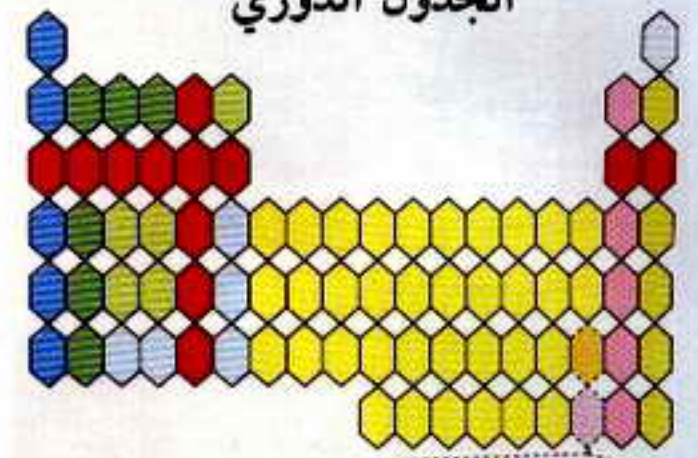
ترتيبًا تصاعديًا، في صفوف أفقية تبعًا لأعدادها الذرية (أي عدد البروتونات في نواها). ففي ثمانينيات القرن التاسع عشر لاحظ الكيميائيون أن لمجموعات معينة من العناصر خواصًا متماثلة، فحاولوا ترتيبها في مجاميع مُجدولة بشكل يُبين ذلك بوضوح. وفي عام ١٨٦٩ نشر ديمتري مندلييف الجدول الأفضل بينها الذي ما زال يُستخدم حتى اليوم؛ فيستطيع الكيميائي معرفة الكثير عن عنصر ما بالنظر فقط إلى موقعه في الجدول الدوري.

١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
هـ	د	ج	ب	أ	ن	ك	ب	ل	م	س	ج	ح	ن	ك	ت	سك	بو
١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣
٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣	٢٢	٢١	٢٠	١٩	١٨	١٧	١٦	١٥	١٤	١٣
٤٠	٣٩	٣٨	٣٧	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٣
٥٠	٤٩	٤٨	٤٧	٤٦	٤٥	٤٤	٤٣	٤٢	٤١	٤٠	٣٩	٣٨	٣٧	٣٦	٣٥	٣٤	٣٣
٦٠	٥٩	٥٨	٥٧	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣	٥٢	٥١	٥٠	٤٩	٤٨	٤٧	٤٦	٤٥	٤٤	٤٣
٧٠	٦٩	٦٨	٦٧	٦٦	٦٥	٦٤	٦٣	٦٢	٦١	٦٠	٥٩	٥٨	٥٧	٥٦	٥٥	٥٤	٥٣
٨٠	٧٩	٧٨	٧٧	٧٦	٧٥	٧٤	٧٣	٧٢	٧١	٧٠	٦٩	٦٨	٦٧	٦٦	٦٥	٦٤	٦٣
٩٠	٨٩	٨٨	٨٧	٨٦	٨٥	٨٤	٨٣	٨٢	٨١	٨٠	٧٩	٧٨	٧٧	٧٦	٧٥	٧٤	٧٣
١٠٠	٩٩	٩٨	٩٧	٩٦	٩٥	٩٤	٩٣	٩٢	٩١	٩٠	٨٩	٨٨	٨٧	٨٦	٨٥	٨٤	٨٣
١١٠	١٠٩	١٠٨	١٠٧	١٠٦	١٠٥	١٠٤	١٠٣	١٠٢	١٠١	١٠٠	٩٩	٩٨	٩٧	٩٦	٩٥	٩٤	٩٣
١٢٠	١١٩	١١٨	١١٧	١١٦	١١٥	١١٤	١١٣	١١٢	١١١	١١٠	١٠٩	١٠٨	١٠٧	١٠٦	١٠٥	١٠٤	١٠٣
١٣٠	١٢٩	١٢٨	١٢٧	١٢٦	١٢٥	١٢٤	١٢٣	١٢٢	١٢١	١٢٠	١١٩	١١٨	١١٧	١١٦	١١٥	١١٤	١١٣
١٤٠	١٣٩	١٣٨	١٣٧	١٣٦	١٣٥	١٣٤	١٣٣	١٣٢	١٣١	١٣٠	١٢٩	١٢٨	١٢٧	١٢٦	١٢٥	١٢٤	١٢٣
١٥٠	١٤٩	١٤٨	١٤٧	١٤٦	١٤٥	١٤٤	١٤٣	١٤٢	١٤١	١٤٠	١٣٩	١٣٨	١٣٧	١٣٦	١٣٥	١٣٤	١٣٣
١٦٠	١٥٩	١٥٨	١٥٧	١٥٦	١٥٥	١٥٤	١٥٣	١٥٢	١٥١	١٥٠	١٤٩	١٤٨	١٤٧	١٤٦	١٤٥	١٤٤	١٤٣
١٧٠	١٦٩	١٦٨	١٦٧	١٦٦	١٦٥	١٦٤	١٦٣	١٦٢	١٦١	١٦٠	١٥٩	١٥٨	١٥٧	١٥٦	١٥٥	١٥٤	١٥٣
١٨٠	١٧٩	١٧٨	١٧٧	١٧٦	١٧٥	١٧٤	١٧٣	١٧٢	١٧١	١٧٠	١٦٩	١٦٨	١٦٧	١٦٦	١٦٥	١٦٤	١٦٣
١٩٠	١٨٩	١٨٨	١٨٧	١٨٦	١٨٥	١٨٤	١٨٣	١٨٢	١٨١	١٨٠	١٧٩	١٧٨	١٧٧	١٧٦	١٧٥	١٧٤	١٧٣
٢٠٠	١٩٩	١٩٨	١٩٧	١٩٦	١٩٥	١٩٤	١٩٣	١٩٢	١٩١	١٩٠	١٨٩	١٨٨	١٨٧	١٨٦	١٨٥	١٨٤	١٨٣
٢١٠	٢٠٩	٢٠٨	٢٠٧	٢٠٦	٢٠٥	٢٠٤	٢٠٣	٢٠٢	٢٠١	٢٠٠	١٩٩	١٩٨	١٩٧	١٩٦	١٩٥	١٩٤	١٩٣
٢٢٠	٢١٩	٢١٨	٢١٧	٢١٦	٢١٥	٢١٤	٢١٣	٢١٢	٢١١	٢١٠	٢٠٩	٢٠٨	٢٠٧	٢٠٦	٢٠٥	٢٠٤	٢٠٣
٢٣٠	٢٢٩	٢٢٨	٢٢٧	٢٢٦	٢٢٥	٢٢٤	٢٢٣	٢٢٢	٢٢١	٢٢٠	٢١٩	٢١٨	٢١٧	٢١٦	٢١٥	٢١٤	٢١٣
٢٤٠	٢٣٩	٢٣٨	٢٣٧	٢٣٦	٢٣٥	٢٣٤	٢٣٣	٢٣٢	٢٣١	٢٣٠	٢٢٩	٢٢٨	٢٢٧	٢٢٦	٢٢٥	٢٢٤	٢٢٣
٢٥٠	٢٤٩	٢٤٨	٢٤٧	٢٤٦	٢٤٥	٢٤٤	٢٤٣	٢٤٢	٢٤١	٢٤٠	٢٣٩	٢٣٨	٢٣٧	٢٣٦	٢٣٥	٢٣٤	٢٣٣
٢٦٠	٢٥٩	٢٥٨	٢٥٧	٢٥٦	٢٥٥	٢٥٤	٢٥٣	٢٥٢	٢٥١	٢٥٠	٢٤٩	٢٤٨	٢٤٧	٢٤٦	٢٤٥	٢٤٤	٢٤٣
٢٧٠	٢٦٩	٢٦٨	٢٦٧	٢٦٦	٢٦٥	٢٦٤	٢٦٣	٢٦٢	٢٦١	٢٦٠	٢٥٩	٢٥٨	٢٥٧	٢٥٦	٢٥٥	٢٥٤	٢٥٣
٢٨٠	٢٧٩	٢٧٨	٢٧٧	٢٧٦	٢٧٥	٢٧٤	٢٧٣	٢٧٢	٢٧١	٢٧٠	٢٦٩	٢٦٨	٢٦٧	٢٦٦	٢٦٥	٢٦٤	٢٦٣
٢٩٠	٢٨٩	٢٨٨	٢٨٧	٢٨٦	٢٨٥	٢٨٤	٢٨٣	٢٨٢	٢٨١	٢٨٠	٢٧٩	٢٧٨	٢٧٧	٢٧٦	٢٧٥	٢٧٤	٢٧٣
٣٠٠	٢٩٩	٢٩٨	٢٩٧	٢٩٦	٢٩٥	٢٩٤	٢٩٣	٢٩٢	٢٩١	٢٩٠	٢٨٩	٢٨٨	٢٨٧	٢٨٦	٢٨٥	٢٨٤	٢٨٣
٣١٠	٣٠٩	٣٠٨	٣٠٧	٣٠٦	٣٠٥	٣٠٤	٣٠٣	٣٠٢	٣٠١	٣٠٠	٢٩٩	٢٩٨	٢٩٧	٢٩٦	٢٩٥	٢٩٤	٢٩٣
٣٢٠	٣١٩	٣١٨	٣١٧	٣١٦	٣١٥	٣١٤	٣١٣	٣١٢	٣١١	٣١٠	٣٠٩	٣٠٨	٣٠٧	٣٠٦	٣٠٥	٣٠٤	٣٠٣
٣٣٠	٣٢٩	٣٢٨	٣٢٧	٣٢٦	٣٢٥	٣٢٤	٣٢٣	٣٢٢	٣٢١	٣٢٠	٣١٩	٣١٨	٣١٧	٣١٦	٣١٥	٣١٤	٣١٣
٣٤٠	٣٣٩	٣٣٨	٣٣٧	٣٣٦	٣٣٥	٣٣٤	٣٣٣	٣٣٢	٣٣١	٣٣٠	٣٢٩	٣٢٨	٣٢٧	٣٢٦	٣٢٥	٣٢٤	٣٢٣
٣٥٠	٣٤٩	٣٤٨	٣٤٧	٣٤٦	٣٤٥	٣٤٤	٣٤٣	٣٤٢	٣٤١	٣٤٠	٣٣٩	٣٣٨	٣٣٧	٣٣٦	٣٣٥	٣٣٤	٣٣٣
٣٦٠	٣٥٩	٣٥٨	٣٥٧	٣٥٦	٣٥٥	٣٥٤	٣٥٣	٣٥٢	٣٥١	٣٥٠	٣٤٩	٣٤٨	٣٤٧	٣٤٦	٣٤٥	٣٤٤	٣٤٣
٣٧٠	٣٦٩	٣٦٨	٣٦٧	٣٦٦	٣٦٥	٣٦٤	٣٦٣	٣٦٢	٣٦١	٣٦٠	٣٥٩	٣٥٨	٣٥٧	٣٥٦	٣٥٥	٣٥٤	٣٥٣
٣٨٠	٣٧٩	٣٧٨	٣٧٧	٣٧٦	٣٧٥	٣٧٤	٣٧٣	٣٧٢	٣٧١	٣٧٠	٣٦٩	٣٦٨	٣٦٧	٣٦٦	٣٦٥	٣٦٤	٣٦٣
٣٩٠	٣٨٩	٣٨٨	٣٨٧	٣٨٦	٣٨٥	٣٨٤	٣٨٣	٣٨٢	٣٨١	٣٨٠	٣٧٩	٣٧٨	٣٧٧	٣٧٦	٣٧٥	٣٧٤	٣٧٣
٤٠٠	٣٩٩	٣٩٨	٣٩٧	٣٩٦	٣٩٥	٣٩٤	٣٩٣	٣٩٢	٣٩١	٣٩٠	٣٨٩	٣٨٨	٣٨٧	٣٨٦	٣٨٥	٣٨٤	٣٨٣
٤١٠	٤٠٩	٤٠٨	٤٠٧	٤٠٦	٤٠٥	٤٠٤	٤٠٣	٤٠٢	٤٠١	٤٠٠	٣٩٩	٣٩٨	٣٩٧	٣٩٦	٣٩٥	٣٩٤	٣٩٣
٤٢٠	٤١٩	٤١٨	٤١٧	٤١٦	٤١٥	٤١٤	٤١٣										

المجموعات والدورات

كيف نستخدم الجدول الدوري؟ إن العناصر الـ ١٠٩ المعروفة حاليًا مرتبة في صفوف أفقية يتزايد عبرها العدد الذري، تسمى دورات. وكما هو بين، فإن الدورات تبدأ بفيلز قُلوي من اليمين وتنتهي بغاز نبيل عن اليسار. إن ذرات العناصر، في بداية كل دورة تحوي إلكترونًا واحدًا فقط في الغلاف الخارجي؛ وفي نهاية الدورة يكتمل هذا الغلاف بشمانية إلكترونات. أما العناصر المتواجدة في الأعمدة القائمة، وتدعى مجموعات، فتحتوي ذراتها العدد نفسه من الإلكترونات في غلافاتها الخارجية؛ لذا فإن لها التكافؤ نفسه؛ وخصائصها الكيميائية متماثلة.

الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (صا)

تتألف الدورة ٢ من: الصوديوم (ص) والمغنيسيوم (مغ) والالومنيوم (لم) والسليكون (س) والفسفور (فو) والكبريت (كب) والكلور (كل) والارجون (غو)

عدد الإلكترونات لكل عنصر مساوٍ لعدده الذري.

الفيلزات واللافيلزات

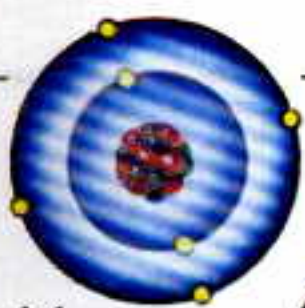
إن معظم العناصر الكيميائية هي من الفيلزات. أما اللافيلزات فتشغل مثلثًا في يسار الجدول الدوري؛ وتقع بينهما أشباه الفيلزات التي لها بعض خصائص الفيلزات وبعض خصائص اللافيلزات. هنالك اختلافات كبيرة متعددة بين الفيلزات واللافيلزات، فالفيلزات جوامد (ما عدا الزئبق، فهو سائل)، وهي موصلات جيدة للحرارة والكهرباء، وذات درجات انصهار وغليان عالية غالبًا؛ كما تكون أيونات موجبة تدعى هوابط (كاتيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى. أما اللافيلزات فمعظمها غازات ذات درجات انصهار وغليان منخفضة، وهي ليست موصلات جيدة، ما عدا الكربون؛ كما تكون أيونات سالبة تدعى صواعد (أنيونات) عندما ترتبط مع عناصر أخرى.

تناقص الحجم

يظل عدد الغلافات نفسه عبر الدورة؛ لكن يتناقص حجم الذرة بتزايد عدد الإلكترونات. وذلك لأن زيادة البروتونات في النواة تزيد جذبها للإلكترونات نحوها.

عبر الدورة (أفقياً)

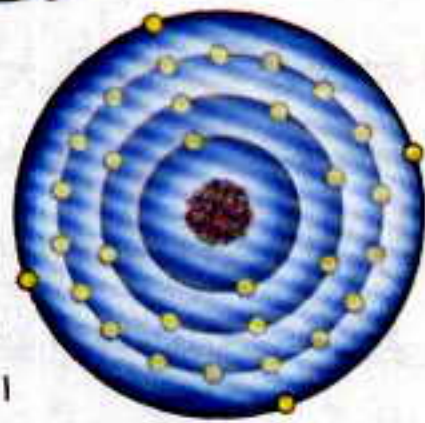
بالانتقال عبر الدورة من اليمين إلى اليسار، يتزايد عدد الإلكترونات إلكترونًا واحدًا مع كل عنصر؛ ويظهر تغير تدريجي في الخصائص الكيميائية. ففي الدورة ٣، تتغير العناصر من الصوديوم (ص)، الفيلز، عبر السليكون (س)، شبه الفيلز، إلى الأرجون (غو)، اللافيلز. وتتغير العناصر من مكونات هوابط (كاتيونات) إلى مكونات صواعد (أنيونات).



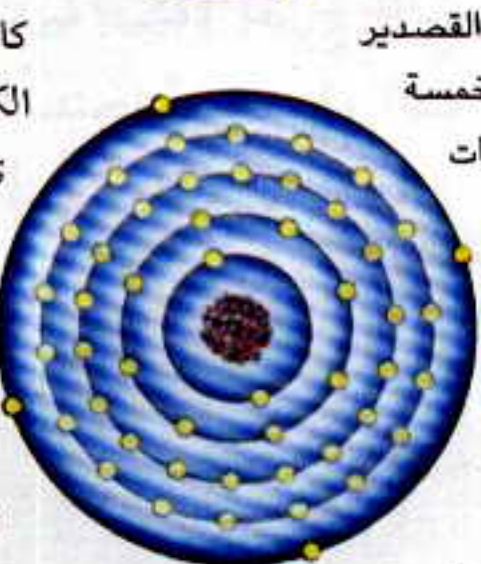
ذرة الكربون لها غلافان



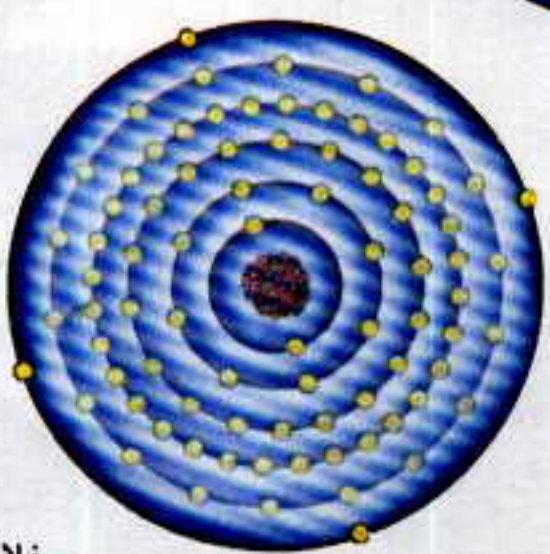
ذرة السليكون لها ثلاثة غلافات



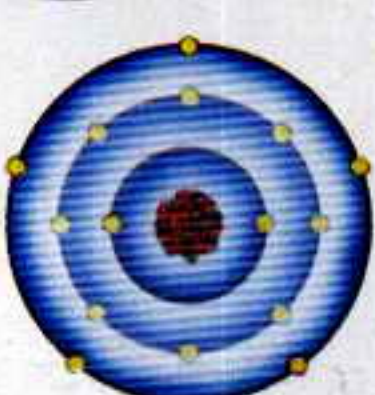
ذرة الجرمانيوم لها أربعة غلافات



ذرة القصدير لها خمسة غلافات



ذرة الرصاص لها ستة غلافات



في ذرة السليكون من المجموعة ١٤، هنالك ١٤ إلكترونًا، أربعة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الالومنيوم من المجموعة ١٣، هنالك ١٣ إلكترونًا، ثلاثة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة المغنيسيوم من المجموعة ٢، هنالك ١٢ إلكترونًا، اثنان منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الصوديوم من المجموعة ١، هنالك ١١ إلكترونًا، واحد منها في الغلاف الخارجي.

المجموعة نزولاً

تظهر علاقة المجموعة بكل وضوح في بعض المجموعات، كما في المجموعة ١ (الفيلزات القلوية)، والمجموعة ٢ (فيلزات الأتربة القلوية) والمجموعة ١٨ (الغازات النبيلة)؛ فالعناصر متماثلة في المظهر وفي التفاعلية (أي قابلية الترابط). أما في مجموعات أخرى كالجموعة ١٤، فالخصائص الكيميائية تبقى متماثلة، لكن العناصر تتغير من لافيلزية في أعلى المجموعة إلى فيلزية في أسفلها. فالكربون (ك) لافيلز نموذجي؛ والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) كلاهما شبه فيلز؛ أما القصدير (ق) والرصاص (صا) فكلهما فيلزان.

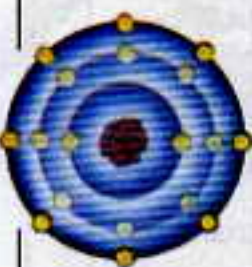
يتزايد عدد الغلافات، نزولاً، غلافًا واحدًا مع كل عنصر، علماً أن العدد الأقصى لهذه الغلافات في الذرة هو سبعة. أما عدد الإلكترونات في الغلاف الخارجي لأي عنصر في المجموعة الواحدة فهو دائماً نفسه لجميع عناصرها.



في ذرة الكبريت من المجموعة ١٦، هنالك ١٦ إلكترونًا، ستة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الكلور من المجموعة ١٧، هنالك ١٧ إلكترونًا، سبعة منها في الغلاف الخارجي.



في ذرة الأرجون من المجموعة ١٨، هنالك ١٨ إلكترونًا، ثمانية منها في الغلاف الخارجي.

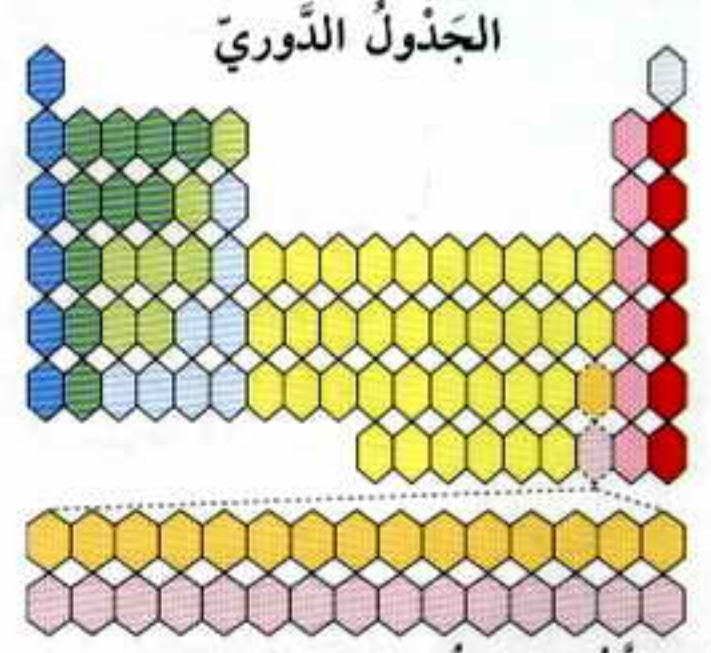
لزيب من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- الفيلزات القلوية ص ٣٤
- أشياء الفيلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



الفِلِزَّاتُ القَلْوِيَّة

أكثرُ عناصرِ المجموعة ١، من الجدول الدوري، شيوعًا هو الصوديوم أحدُ مكوّني ملح الطعام. وتُدعى عناصرُ هذه المجموعة الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّة، لأنها تتفاعلُ مع الماء لتكوّن محاليلَ قَلْوِيَّة. البوتاسيوم، أحدُ مكوّنات الأسمدة المعروفة مثل كبريتات البوتاسيوم ونترات الشيلي، هو عنصرٌ آخرُ في هذه المجموعة. ومن عناصرِ هذه المجموعة أيضًا الليثيوم الذي تُستخدمُ مركّباته طبيًا في معالجة حالات الاكتئاب الهوسي العُصابيَّة. كما يُمزجُ الليثيوم مع الألومنيوم في سبائك خفيفة متينة تُستخدمُ في بناء الطائرات. وجميعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّة ذات لونٍ أبيض فضي، وتزايد تفاعليتها نزولًا إذ يحوي الغلاف الخارجي لذراتها إلكترونًا واحدًا يتناقصُ انجذابه إلى النواة من أعلى المجموعة إلى أسفلها.



تتألفُ المجموعة ١ من: الليثيوم (لث) والصوديوم (ص) والبوتاسيوم (بو) والروبيديوم (بيد) والسيزيوم (سز) والفرانسيوم المشع (فر)

جميعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّة لينةٌ بحيثُ تقطع بالسكين.



يتفاعلُ الصوديوم بسرعة مع أكسجين الهواء بحيثُ يكوّن سطحه المخدوش في بضع دقائق. لذا تُحفظُ الفِلِزَّاتُ القَلْوِيَّة مغمورة في الزيت.

يتفاعلُ البوتاسيوم أيضًا مع أكسجين الهواء، وبسرعة أكثر من الصوديوم.



التفاعل مع الماء

تتفاعلُ قطعة من البوتاسيوم مع الماء بقوة نشطة بحيثُ تُدومُ آزة فوق كامل السطح مُكوّنة فقاعات من غاز الهيدروجين الذي يشتعلُ بلهبٍ أزرق قرنفلي. ويُنتجُ هذا التفاعلُ هيدروكسيد البوتاسيوم الذي يُحوّلُ الماء إلى محلولٍ قَلْوِيٍّ؛ ويُسخّنُ الماء بحرارة التفاعل. وتتفاعل جميعُ الفِلِزَّاتِ القَلْوِيَّة مع الماء بشكل مُماثل، لكنّ الروبيديوم والسيزيوم يتفجّران عند مُلامسته.



مصاييح الصوديوم

تتوهج مصاييح الشوارع بلونٍ أصفر برتقاليّ زاهٍ لأنها تحوي بخار الصوديوم الذي يُصدرُ هذا اللون عند مرور الكهرباء عبره؛ كما تُعطي مُركّبات الصوديوم لونًا مُماثلًا عندما تُعرضُ للهب.



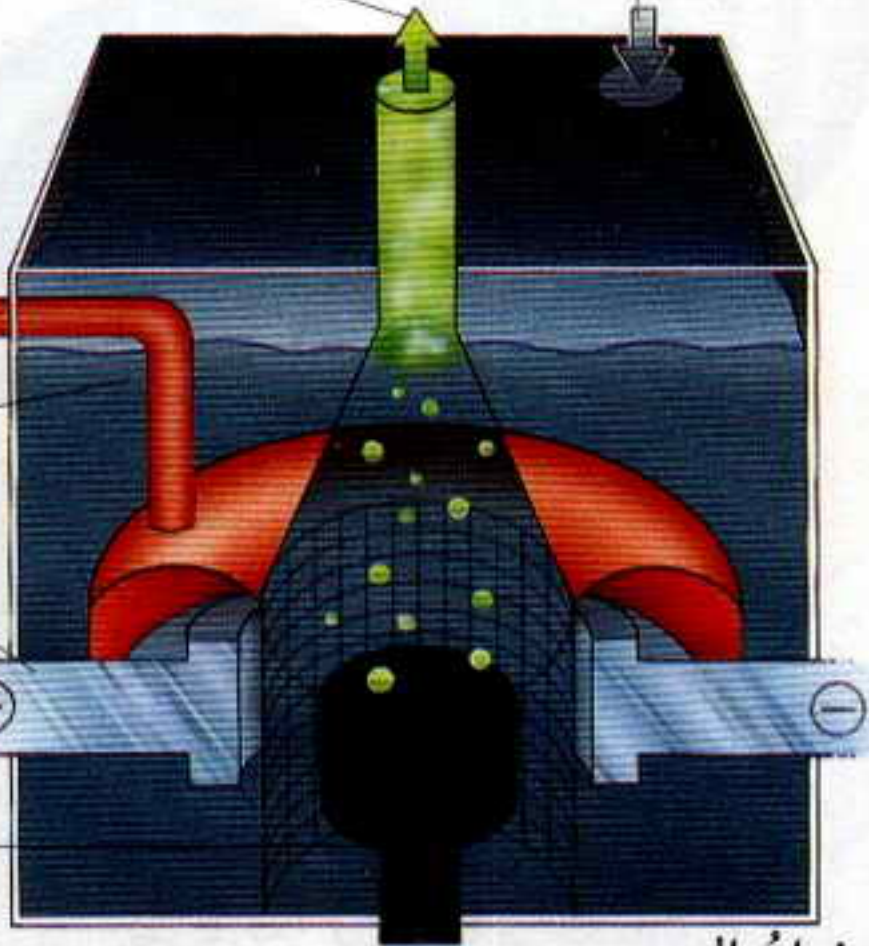
التغذية بكلوريد الصوديوم. ينبعثُ غاز الكلور.

يُسحبُ الصوديوم المنصهر من هنا.

كلوريد الصوديوم المنصهر.

يتجمّع الصوديوم حول مهبّط (كاثود) أسطوانيّ من الفولاذ.

يتجمّع الكلور حول مصعدٍ (أنود) من الغرافيت.

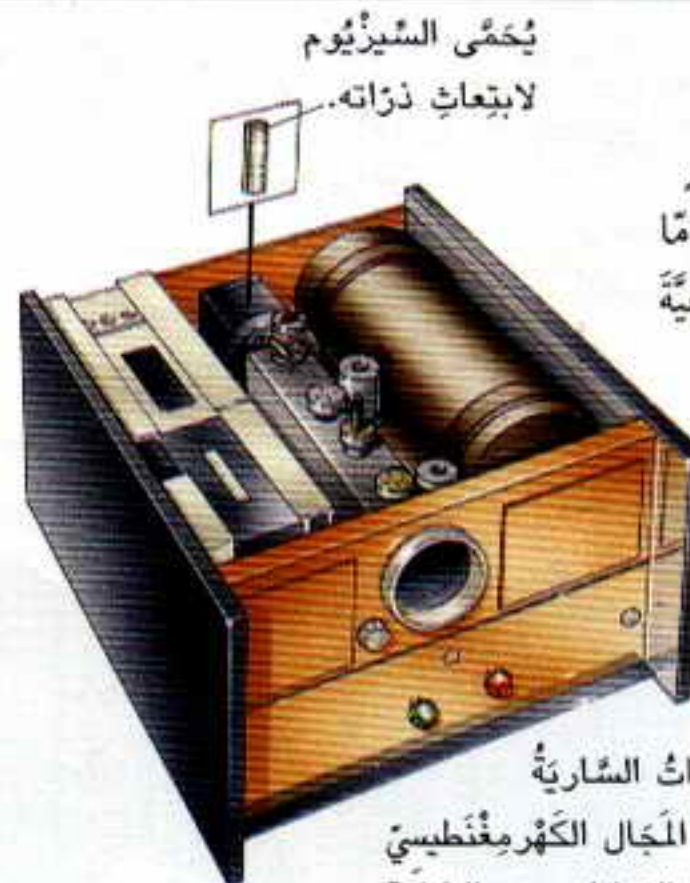


استخراج الصوديوم

يُستخرجُ الصوديوم من ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) باستخدام خلية داون. يُحمى الملح إلى ٨٠٠°س حتى ينصهر، ويسري التيار الكهربائي في الملح المنصهر عبر مصعدٍ (أنود) من الغرافيت ومهبّط (كاثود) من الفولاذ؛ فيتخلّلُ الملح إلى عنصري الصوديوم والكلور. هذه العملية تُدعى عملية الكهرلة (التحليل الكهربائي)؛ وكان السير همفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩) أوّل من إستخدمها.

ساعة السيزيوم الذرية

تضبطُ الساعات العادية الوقت بعد نوع من الإيقاع المنتظم كخَطَران البندول؛ أما الساعات الذرية فتعتمدُ الذبذبات الطبيعية لذرات السيزيوم. وهذه الذرات تُحدِثُ ٧٧٠ ٦٣١ ١٩٢ ٩ ذبذبة في الثانية؛ لذا، فإن ساعات السيزيوم الذرية يمكنها أن تقيس الأجزاء من الثانية بكل دقّة. وتُتَبَيَّنُ ذبذبات ذرات السيزيوم بمساعدة مجالٍ كهرومغناطيسي.



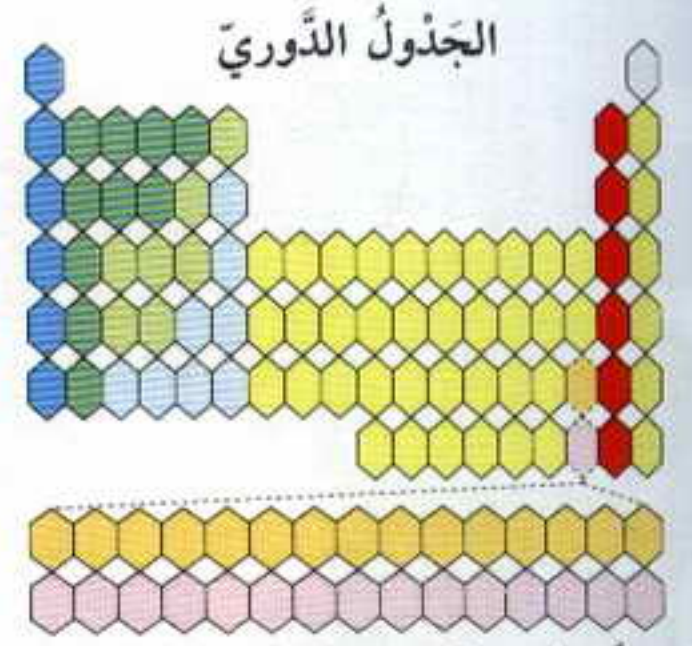
الذرات السارية غير المجال الكهرومغناطيسي تُبيّنُ القراءات على الساعة.

لزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكهرلة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
- القَلْوِيَّات والقواعد ص ٧٠
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- صناعة القَلْوِيَّات ص ٩٤
- الكهرومغناطيسية ص ١٥٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

فلزات الأثرية القلوية

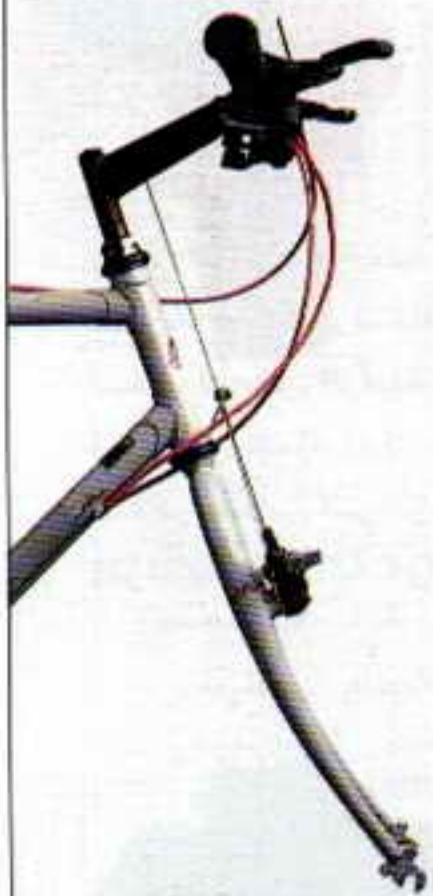
أشهر عناصر المجموعة ٢ من الجدول الدوري هو الكالسيوم، ويوجد في الطباشير والحليب والعظام وغيرها. وتدعى عناصر هذه المجموعة فلزات الأثرية القلوية لأنها جميعها تتفاعل مع الماء فتكون محاليل قلوية؛ كما إن مركباتها متوافرة في الطبيعة على نطاق واسع. فالبريليوم، مثلاً، يتواجد في الحجارة شبه الكريمة كالزمرّد والزبرجد. والرااديوم هو العنصر المشع الذي اكتشفته ماري كوري؛ كما إن أحد نظائر السترنشيوم، السترنشيوم-٩٠، هو أحد المكونات الخطرة للسقط النووي، لكنه يُستخدم أيضاً في معالجة سرطانات الجلد. وجميع فلزات الأثرية القلوية ذات لون أبيض فضي في حال النقاوة؛ وخصائصها الكيماوية شبيهة بخصائص الفلزات القلوية، لكنها أقل تفاعلية؛ والغلاف الخارجي لذراتها يحوي إلكترونين.



تتألف المجموعة ٢ من: البريليوم (بي) والمغنسيوم (مغ) والكالسيوم (كا) والسترنشيوم (سر) والباريوم (با) والرااديوم (د) المشع.

ألوان الأسهم النارية
الألوان الزاهية التي نراها في المفرقات الاستعرافية تنتجها بصورة رئيسية فلزات الأثرية القلوية. فالمغنسيوم يُستخدم في بعض الأسهم النارية لئولّد الضوء الأبيض الساطع، كما إن مركبات السترنشيوم تنتج الألوان القرمزية، وتولّد مركبات الباريوم اللون الأخضر بظلاله المختلفة.

السبائك الخفيفة
يستخدم المغنسيوم على نطاق واسع في سبائك هياكل الدراجات. ومن مقومات هذه السبائك أيضاً فلزات أخرى، كالألومنيوم والخرصين (الزنك)، تجعلها خفيفة ومتينة.



اليخضور يُكسب النباتات لونها الأخضر.



يوجد اليخضور في البلاستيدات الخضراء، وهي جسيمات دقيقة في خلايا النبات.

المغنسيوم الحيوي

اليخضور (الكوروفيل) ضروري جداً للنباتات في عملية التخليق الضوئي (لتصنيع الكربوهيدرات). فالليخضور يحوي مركبات المغنسيوم التي تساعد النبات في أسر الطاقة الشمسية ليقوم بعملية التخليق.



كالسيوم العظام

الكالسيوم عنصر قوامي رئيسي في العظام حيث يوجد فيها مركباً ككسفات الكالسيوم. وهذه تكسب العظام صلابة لتبني هيكلية الجسم وتقي أجزائه الأخرى.



وجبة الباريوم

يُعطى بعض المرضى في المستشفيات «وجبة» تحوي كبريتات الباريوم قبل التصوير بالأشعة السينية (أشعة إكس). وهذا المركب غير مُنفذ لأشعة إكس - مما يظهر الجهاز الهضمي بوضوح على الصورة؛ فيُسّر للأطباء تشخيص الحالة وتحديد العلة.



شلالات طباشيرية

في ينابيع باثوكال الحارة بتركيا يُتقّب الماء الساخن متصاعداً نحو السطح لينساب شلالات فوق الصخور المكثفة. فإذا كان محتوى الماء من الطباشير الذوّابة (بيكربونات الكالسيوم) وفيراً، يأخذ هذا بالترسّب بعد تبخر الماء ذلّوات (ج. دلّة) من الطباشير غير الذوّابة (كربونات الكالسيوم).

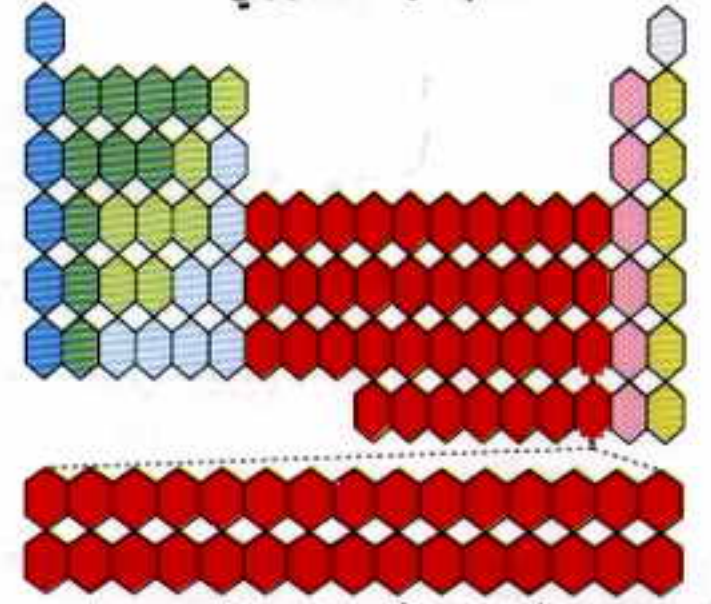
لمزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ

الحديد والنيكل والفضة والذهب فلزّات نموذجية، وهي بَرّاقَةٌ صُلْدَةٌ مَتيْنَةٌ، ومُوصِّلاتٌ جيّدةٌ للحرارة والكهرباء، وذاتُ درجات انصهارٍ عالية. وهي، في الجدول الدوري للعناصر، مع معظم الفلزّات النموذجية الأخرى، تولّف كتلةً مركّبةً من العناصر تُدعى الفلزّات الانتقالية. إنّ كلّاً من هذه العناصر شبيهٌ جدّاً بالعناصر التي تُجاوره في الجدول الدوري. وبالإضافة إلى كونها فلزّات نموذجية، فللعناصر الانتقالية خصائصٌ أخرى مُشتركة. فالكثير منها ذو تكافؤٍ مُتغيّر، والكثير منها حفازات تفاعلٍ جيّدة، كما إنّها تشكّل سبائك مَتيْنَةً مع فلزّات أخرى، والكثير من مركّباتها مُلوّن.

الجدول الدوري



هناك كثرةٌ من الفلزّات الانتقالية؛ بعضها معروفٌ مألوفٌ والبعض الآخر نادرٌ جداً. وتتضمّن الفئة الأكثر شهرةً الحديد (ح) والكوبلت (كو) والنيكل (ني) والنحاس (نج) والخرصين (خ) والفضة (ف) والكاديوم (كد) والتنجست (تن) والبلاتين (بت) والذهب (ذ) والزنابق (بق).



شَمْعَةُ إِشْعَالٍ

يُصنّعُ الجِسْمُ الرَّبِيسِيُّ والإلكتروتود السفلي لِشَمْعَةِ الإِشْعَالِ (بالشَّرَر) من الحديد. أمّا الإلكتروتود الأوسط فيصنّعُ غالباً من سبائك النحاس.

تُصنّعُ نوابضُ التعلّيق من الفولاذ الذي يحوي نسبةً متويّةً عاليةً من الكربون. وهو يصلّدُ ويُعالجُ بالحرارة لزيادة قوّته ومقاومته.

يُصنّعُ بدنُ المحرّك (الذي يحوي الأسطوانات حيث يُلهَبُ مزيجُ الوقود) من حديد الصّب، وهو يحوي نسبةً متويّةً عاليةً من الكربون وشوائبٍ أخرى، كما إنّهُ رخيص الثمن ومقاومٌ جيّدٌ للصدمات.

يُحوي المُولّد، وهو جهازٌ توليد الكهرباء في السيارة، ملفّاتٍ من أسلاك النحاس الرفيعة. وفي أماكنٍ أخرى من السيارة، قد يبلّغ طول أسلاك النحاس التي تُوصّل مُقوّماتِها الكهربائيّة حوالي ١٠٠ متر.

تُصنّعُ نوابضُ الصّمامات، التي تحكّم صِماماتٍ تنظيم سريان مزيج الوقود، من الفولاذ الممزوج بالكروم والفاناديوم لكي تُصمّد لدرجات الحرارة المرتفعة، وتدوم لفترّة أطول.

تتألّف المحامِلُ في صندوق المُسَنَّنات من طبقاتٍ مُتعدّدة. بطانئها الداخليّة تتألّف من سبيكةٍ محامِلٍ لينةٍ يشبّه تحوي مُعادنَ فلزيّةً كالنحاس والقصدير والرصاص؛ أمّا غلافُها الخارجيّ فيمنّ الفولاذ.

الفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ فِي السِّيارَاتِ

السِّيارَةُ مُثَلّ جيّدٌ على شيءٍ مُصنّعٍ من فلزّاتٍ انتقاليةٍ عديدة. فهيكُلُها يتألّف من الفولاذ المُطَوّع، وهو حديدٌ به قليلٌ من الكربون. ويحوي الفولاذ أيضاً مقاديرَ ضئيلةً من المَنغْنِيز لِيَحْسِنَ نوعيته ومقاومته. وقد يُغلّفُ الهيكل الفولاذي (أي يُطلى بالزّنك) لوقايته من الصدأ.

تُصنّعُ دهاناتُ السِّيارَاتِ غالباً باستخدام مُركّبات الفلزّات الانتقالية. فقد يحوي الدهانُ الأبيض ثاني أكسيد التيتانيوم؛ والدهانان الأحمر والأصفر قد يحويان كبريتيدات الكاديوم.

يُطلى عاكسُ المِصباح الأمامي غالباً بالكروم. فيه تتِمُّ الطليّة النهائيّة الصقيّة والصّلبة فوق طبقاتٍ أساسٍ من النيكل والنحاس.

تُحوي بُصيلةُ مِصباح الإضاءة قنينةً من التنجست الذي يحتفظ بمُتانتِه على درجات حرارة الإبيضاض (حوالي درجة ١٦٠٠°س)، ويدوم طويلاً.

يُستخدَمُ الفولاذُ الذي لا يصدأ، وهو حديدٌ مُوشَّبٌ بالكروم والنيكل، للرّخارف في أماكنٍ مُختلفة؛ كما يُستخدَمُ في صنّع أنابيب الانفلات أحياناً.

الخرصين (الزّنك)

يُستخدَمُ الخرصين كثيراً في البطاريّات. فهو يُشكّلُ الغلاف الخارجيّ في البطاريّات الجافة

كبطاريّات مصابيح الجيب. أمّا بطاريّة الزنابق القُرصيّة الصغيرة، فالخرصين في دواخلها.

بطاريّةٌ عاديّةٌ مُنزوعة البطاقة الخارجيّة لِيَتَبَيَّنَ الغلافُ الخرصيني.

بطاريّةٌ من النوع الذي تُجدّه داخل بعض الساعات.

الفِلِزَّاتُ الْمَغْنَطِيسِيَّةُ

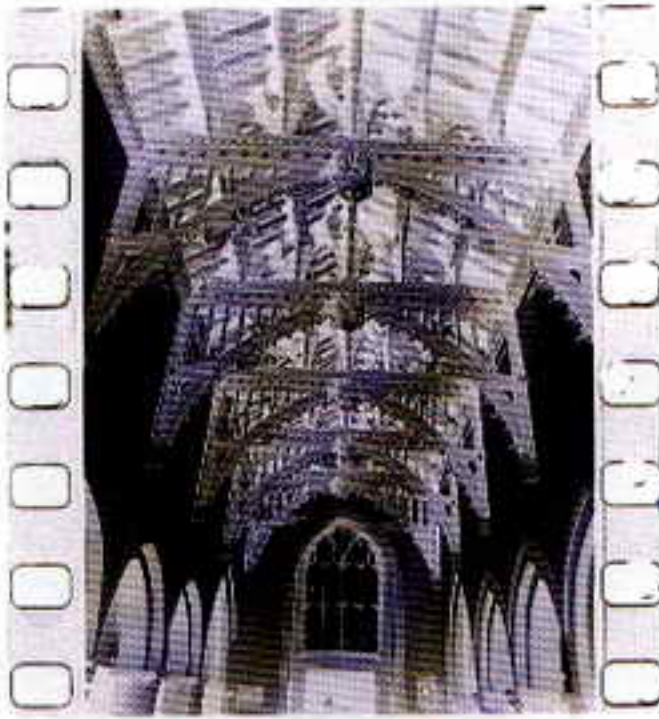
الحديد والكوبلت والنيكل يمكنُ مغنطتها بقوّة. المغناطيس الكهربائيّة ذات قلب من الحديد

المُطَوّع يتمنّطُ بقوّة عند إمرار الكهرباء في الملفّات التي تُحيط به. وتُستخدَمُ المغناطيس الكهربائيّة لنقل فضلات الحديد الهالكة والحُرْدَة، فنلتقط هذه الفضلات عند وُضُل الدّارة الكهربائيّة وتُسقط عند قطعها.

الحديد ضروريٌ للحياة

بعضُ المُركّبات الحاوية الحديد ضروريّةٌ للكائنات الحيّة. ففي النّبات، تُسهّم مُركّبات الحديد في تكوين اليخضور (الكلروفيل) الأساسيّ في عمليّة التخليق الضوئي. وفي اللّبنات يتواجد الحديد في هيموغلوبين (يُحمُور) كريات الدم الحمراء؛ وهو يحوّل الأكسجين إلى مُختلف أنحاء الجِسْم.





الفضة

الفضة فلزٌ ثمين، استخدم في صناعة الحلي منذ آلاف السنين. ويستخدم اليوم على نطاق واسع في صناعة التصوير الفوتوغرافي، لأن مركباته مع الكلور والبروم واليود حساسة جداً للضوء، وهي تولد المقومات الفعالة على سطح الأفلام الفوتوغرافية. تتأثر مركبات الفضة كيميائياً بالضوء وتتغير؛ ويستبان هذا التغير في عملية التطهير حيث تحول مركبات الفضة المتأثرة بالضوء إلى فضة نقية تولد حبيباتها الصغيرة مناطق السلبية الفوتوغرافية القائمة.

البلاتين

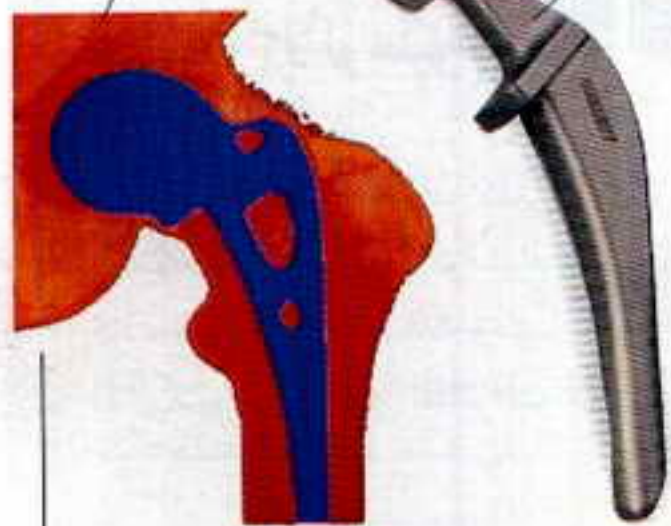
البلاتين فلزٌ نفيس يستخدم في صناعة الحلي كما الذهب والفضة. وتعود نفاسته إلى كونه نادراً وجذاباً؛ كما أنه لا يصدأ ولا يتلى؛ لذا يستخدم أيضاً في صناعة الالكترودات والذرات الإلكترونية - التي لن تعمل كما ينبغي إذا صيدت أسلاكها أو اتكلت. أما الاستعمال الرئيسي للبلاتين في الصناعة فهو كحافز كيميائي يسرع التفاعلات الكيميائية كما في تكسير المنتجات النفطية.

الفلزات الطبيعية التواجد

معظم العناصر لا يتواجد طبيعياً (في حالة النقاوة) في قشرة الأرض، ما خلا بعض الفلزات الانتقالية، كالنحاس والفضة والذهب والبلاتين. وقد قلل الذهب على مدى القرون أكثر الفلزات نفاسة؛ فهو أحد العناصر الأقل تفاعلية كيميائياً في الجدول الدوري. وفي الصورة المقابلة سبائك ذهبية نقاوتها ١٠٠٪ تقريباً، وهي لا تفقد بريقها أبداً.

صورة ملونة
باشعة إكس لمفصل
الورك التيتانيومي
مثبتاً في مكانه.

مفصل الورك التيتانيومي هذا لن يتفاعل كيميائياً مع ما يحيط به من الأنسجة حين يُثبت في مكانه.



التيتانيوم

التيتانيوم فلزٌ متين قوي عديم التفاعلية. لذا فهو يستخدم لاستبدال مفصل الورك ولأي أجزاء أخرى تُغرس في الجسم لإرباب أو استبدال العظام المعطوبة.

لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الحفازات ص ٥٦
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- السبائك ص ٨٨
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢



اليورانيم

اليورانيم المنقى

اليورانيم أشهر الأكتينيدات، فهو الوقود المستخدم في المفاعلات النووية. يُستخرج اليورانيم من البشبلند؛ ويجري تعدين هذا الخام بمراقبة وجرح شديد.



سبائك النيكل

تسك الوقود المعدنية

الفضية اللون من سبائك

النحاس والنيكل. ويستخدم

النيكل، مع فلزتين انتقاليين آخرين هما الحديد والكروم، في صناعة الفولاذ الذي لا يصدأ. والنيكل فلزٌ صلب لا يصدأ ولا يفقد بريقه؛ وهو يكتسب خصائصه هذه لسبائكه. ويولف النيكل مع الحديد سبيكة لافتة مميزة (هي الإنفار) تُستخدم في آلات القياس الدقيقة، تكاد لا تتمدد أو تقلص بتغير درجات الحرارة.

تُرَقَّم السبائك
الذهبية لأسباب
أمنية.



بطاريات غاليليو

الساير الفضائي

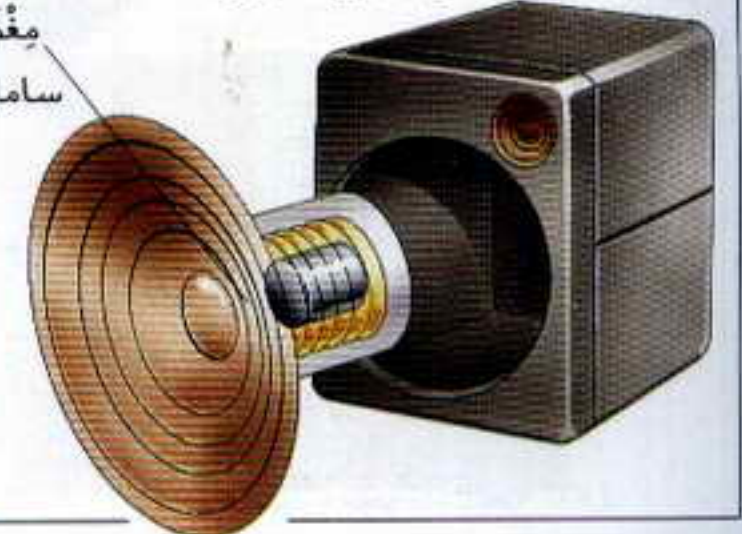
الأمريكي، غاليليو، المُتجه نحو المشتري، مزود ببطاريات نووية (تدعى مولدات كهروحرارية بالنظائر المشعة) يولدها البلوتونيوم بالطاقة اللازمة.

الساماريوم في المغنطيسات

المغنطيسات في المجاهر تُساعد في بث الصوت.

فالساماريوم، من اللانثانيدات، والكوبلت ينتجان مغنطيسات قوية جداً تمكن من صنع مجاهر أصغر كثيراً مجهزة بمغناط من هذين الفلزتين.

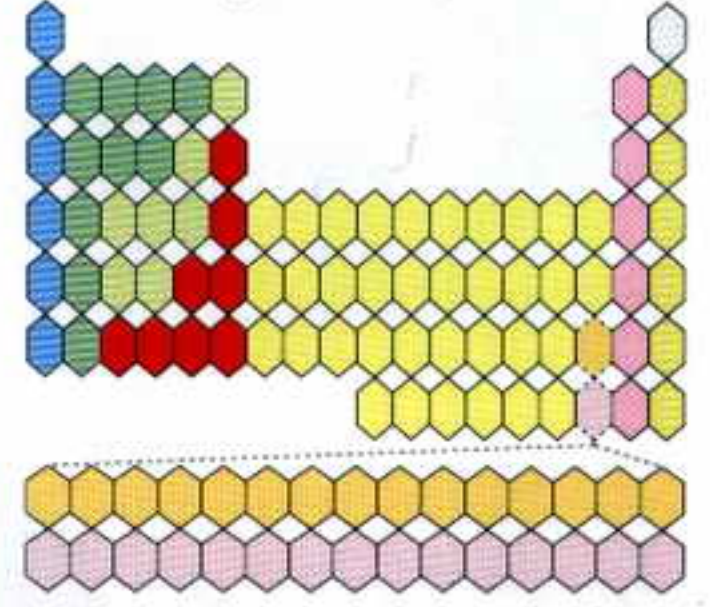
مغنطيس
ساماريومي



الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ

بعض الفِلِزَّات رِخوةٌ ضعيفةٌ مُقاومةٌ الشَّدِّ سهلةٌ الانصهار؛ ورُغمَ تسميتها بالوضعية فإنها عظيمةُ الفائدة. استُخدمَ الناسُ القصدير والرصاص منذ أقدم العصور لسهولة استخلاصهما من خاماتهما. وهما مُفيدان بخاصة في صنْع السبائك؛ فالبرونز، وهو مزيجُ النحاس والقصدير، كان أوَّل السبائك التي صاغها الإنسان حوالي العام ٣٥٠٠ ق.م. وقد عُرفت سبائك اللحام والبيوتر (سبيكة الأواني المنزلية) القصديرية الرصاصية لاحقاً. واستخدمَ الرومان القدامى الرصاص، وهو أحد أكثر الفِلِزَّات الشائعة، في شبكات المياه، كما ما زلنا نستخدمه اليوم. لكن استخدام الرصاص ينطوي على خطر التسمم إذ إن سُمِّيَّته تراكمية في الجسم. ومن الفِلِزَّات الوضعية أيضاً الألومنيوم - أحد الفِلِزَّات الأخف (الأقل كثافة)، وهو سهل التشكيل ومقاوم للتأكسد.

الجدول الدوري



الألومنيوم (لم)، الجاليوم (جا)، الإنديوم (ند)، الثاليوم (تل)، القصدير (ق)، الرصاص (صا)، البرموت (بز) واليولونيوم (بن)



يُصنَع هيكل الطائرة وأسطحها من صفائح مُبرشمة معاً من سبائك الألومنيوم. والألومنيوم يتفاعل بسرعة مع أكسجين الهواء مُكوِّناً طبقة واقية تمنع استمرار التأكسد؛ لذا فهو لا يحتاج طبقة دهان تقيه من التآكل كالحديد.

جناح الطائرة أجوف عدا بضعة «اضلاع» تثبت أسطحه الألومنيومية الخارجية في مواقعها. وهذا يُخفِّف وزن الطائرة إلى الحد الأدنى.



الاستخدامات الكهربائية

الألومنيوم مُوصِّلٌ جيّد للكهرباء، وهو يُستخدم في شبكات خطوط النقل الكهربائية العالية التوتر المحمولة على أبراج ضخمة في طول البلاد وعرضها. وهذه الخطوط (الكبوت) ذات قلب فولاذي يَكْسِبُها متانة وقوة.

علب مقصّدة

يُستخدم القصدير النقي على نطاق واسع في طلاء الفولاذ لصنع صفائح الصّاج إمّا بغمره في القصدير المُنصهر أو بالكهولة (التحليل الكهربائي). علب التنك العادية تُصنع من صفائح الصّاج، أمّا غالبيتها علب المشروبات فتُصنع من الألومنيوم.



سبائك القصدير والرصاص

يُستخدم البيوتر، سبيكة القصدير والرصاص، في صنْع الأباريق المعدنية والزخارف. أمّا سبائك اللحام فمزيج مختلف من القصدير والرصاص يُستخدم في لحام الفِلِزَّات لوصلي الأنابيب والدّارات الكهربائية.



ثقل كالرصاص

كثافة الرصاص عالية، لذا فهو حائل جيّد ضد الإشعاع. ويُستفاد من هذه الخاصية في المراكز النووية وأقسام الأشعة السينية في المستشفيات، حيث يلبس العاملون مآزر مُرَصَّصة. تُحضّر هذه المآزر بشي مزيج من مسحوق الرصاص مع مادة لدنة للحصول على صفائح مرنة قابلة للإنثناء. ومنها تُقَصُّ الأردية والمآزر بالشكل المناسب.

قد يتسبب خُرْدُ الرصاص (من بنادق الصيد) بتلوث البراري؛ فالطيور التي تبتلعها تتسمم به تدريجياً.

الرّجّاج المرصّص

بريق البلّور يتّج من إضافة أكسيد الرصاص إلى الرّجّاج. والرصاص أيضاً يُطَرّي الرّجّاج البلّوري فيسهل نقشه وحفر التصميم البراق عليه.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهولة (التحليل الكهربائي) ص ٦٧
- الألومنيوم ص ٨٧
- السبائك ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

للقصدير شكلان أبيض

ورمادي. ويتحوّل الشكل الأبيض إلى الشكل الرمادي المسحوق على درجات الحرارة الخفيفة. وقد عرفت الحضارات القديمة القصدير، وجرى سبكه مع النحاس لإنتاج البرونز واستخدم البرونز في صناعة الخلي وفي صناعة الأدوات لاحقاً.



أشباه الفلزات

معظم العناصر الكيماوية ذو خصائص معينة تميزه وتحدد وضعه مع الفلزات أو مع اللافلزات. لكن بضعة منها ذات خصائص تضعها بين بين، وهي المعروفة بأشباه الفلزات أو شبه الموصلات. فالزرنيخ، مثلاً، فلزي المظهر لكنه موصل رديء للحرارة ولل كهرباء؛ وهو، كما اللافلزات، يكون مركبات مع كثير من الفلزات. ويستخدم الكثير من أشباه الفلزات في السبائك، فالسليكون، مثلاً، هو أحد أهم المقومات المضافة إلى الحديد لصنع الفولاذ، والإثمد (الأتيمون) يشكل جزءاً من سبيكة محاميل الكريّات.

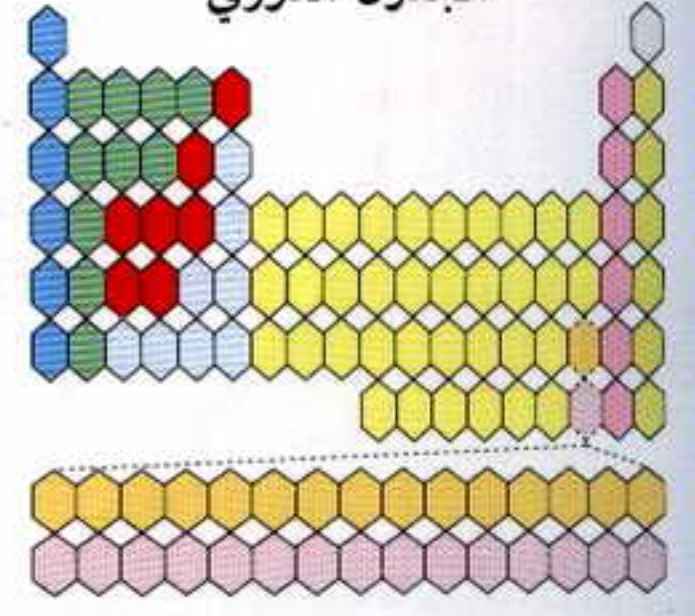
أما الاستخدام الأهم لأشباه الفلزات فهو في أشباه الموصلات المستعملة حالياً في صنع الرقاقات الصغرية ومقومات إلكترونية أخرى.



السليكات

السليكون هو أكثر العناصر الجامدة وفرة في مادة الأرض. وأكثر تواجدته على شكل مركبات معقدة، تدعى السليكات، في الصلصال والصخور. والبلورة أعلاه هي من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم، المعروفة بالفلسبار، أحد أوسع معادن الأرض انتشاراً.

الجدول الدوري



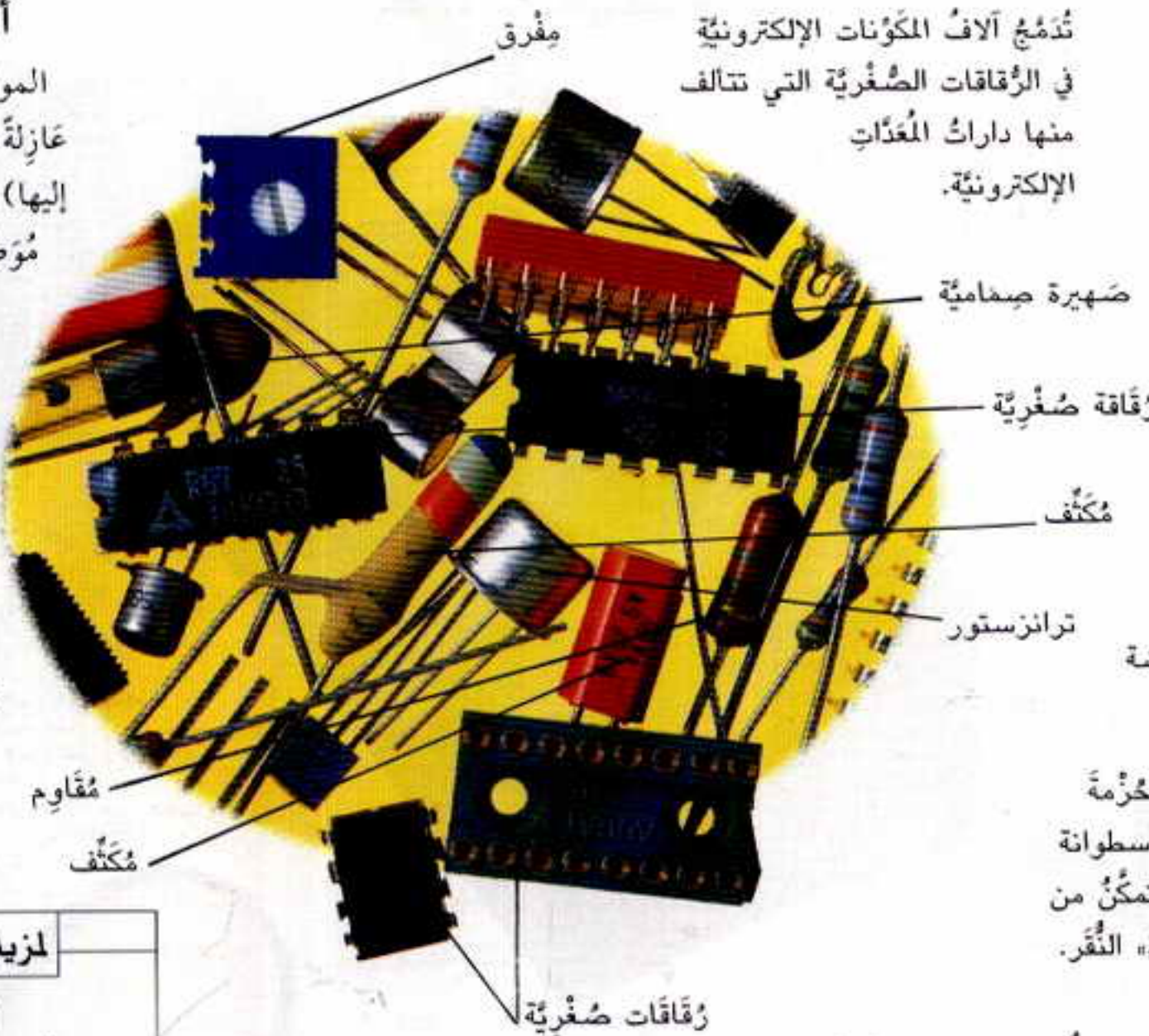
البورون (ب)، السليكون (س)، الجرمانيوم (جر)، الزرنيخ (ز)، الأنتيمون (نت)، السليكون (سل) والتلوريوم (تل)

البورون والسليكون

يُصنع الزجاج من الرمل، أحد أشكال معدن السليكا (ثاني أكسيد السليكون). والمرو (الكوارتز) هو معدن آخر من السليكا كثيراً ما يوجد كبلورات جذابة. الزجاج الصامد للحرارة يحوي شبة فلز آخر هو البورون الذي يحد من تمدد الزجاج كثيراً وتشفقه عند الإخماء، فيمكن وضع الكفت من زجاج البوروسيليكات على الموقد مباشرة. لذا تُصنع الأواني الزجاجية المخبرية من هذا النوع من الزجاج.

أشباه الموصلات

المواد التي يمكن أن تصبح موصلة أو عازلة، تبعاً لما نعالج به (أي يضاف إليها) من مواد أخرى، تدعى أشباه موصلات. والسليكون هو أكثر أشباه الموصلات استعمالاً - معالجة بالبورون أو الفسفور. وتستخدم أشباه الموصلات في صنع بائط، كالدايودات (الصمامات الثنائية) والترانزستورات، يمكنها إمرار التيار الكهربائي أو تقويته أو كبحه.



تدمج آلاف المكونات الإلكترونية في الرقاقات الصغرية التي تتألف منها دوائر المعادلات الإلكترونية.

صهيرة صمامية

رقاقة صغرية

مكثف

ترانزستور

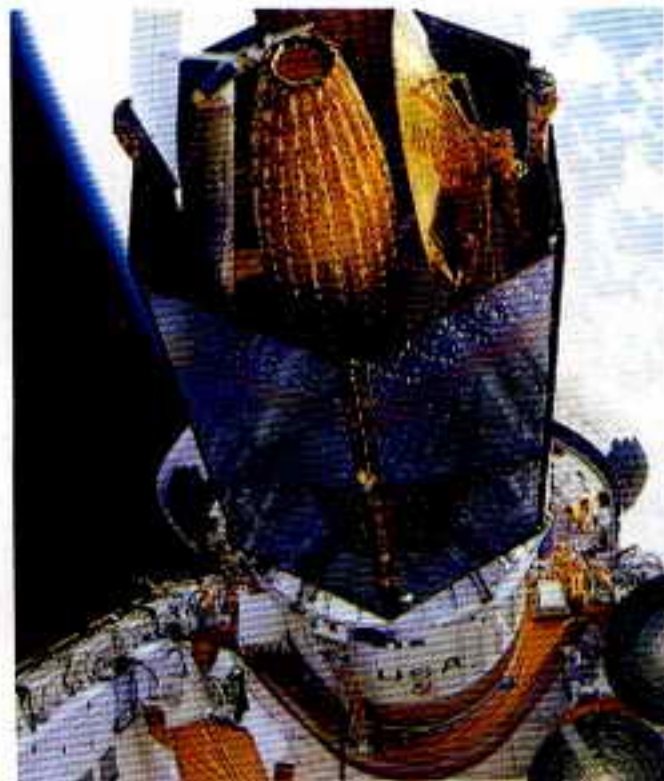
مقاوم

مكثف

رقاقات صغرية

الخلايا الشمسية

تُصمم السوائل غالباً لتبقى في الفضاء سنوات عديدة. والبطاريات العادية لا تدوم طويلاً، فهي بالتالي لا تصلح لهذه السوائل. لذا تُستخدم مؤطرات كبيرة من البطاريات الشمسية. وهذه المؤطرات الشمسية تحوي ألواحاً من خلايا السليكون الدقيقة، التي تحول طاقة ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء. وتوضع المؤطرات بحيث تظل دوماً في مواجهة الشمس؛ ومع دوران السائل حول الأرض، يمكن تحويل الكمية القصوى من ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية.

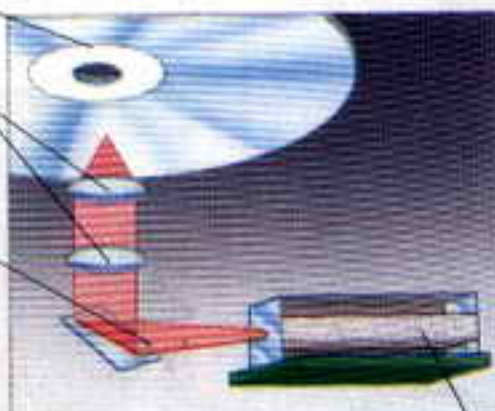


هذه الخلايا الشمسية تُقطعة من أسطوانة سليكونية مُصنّعة.

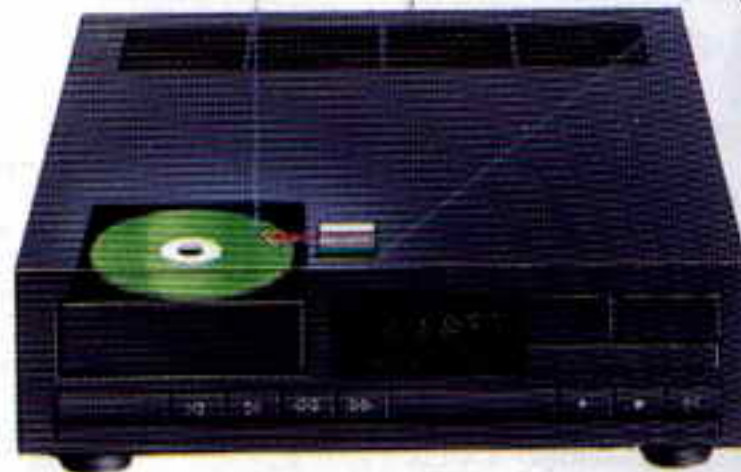
أسطوانة (قرصية) مدمجة

غذسات خاصة تركّز الليزر.

تعكس المرأة حزمة الليزر على الأسطوانة بحيث تتمكن من «قراءة» النقر.



تُعرض ذرات في زرنخيد الجاليوم على ابتعاث الضوء الذي يُفكك بعضه مُضخماً كحزمة ليزرية.



الأسطوانات المدمجة

تُسجل الموسيقى كنقر على الأسطوانة المدمجة، وتتم «قراءتها» بواسطة حزمة ليزرية خفيفة القدرة. والليزر (تضخيم الضوء بابتعاث الإشعاع المنشط) هنا هو ليزر دايودي (شبه موصلي) يتبعه زرنخيد الجاليوم. والدايود هو نيطة معالجة لإمرار التيار في اتجاه واحد فقط. هذا وتستخدم الليزرات الدايودية أيضاً ليث الإشارات في خطوط الهاتف الألياف البصرية.

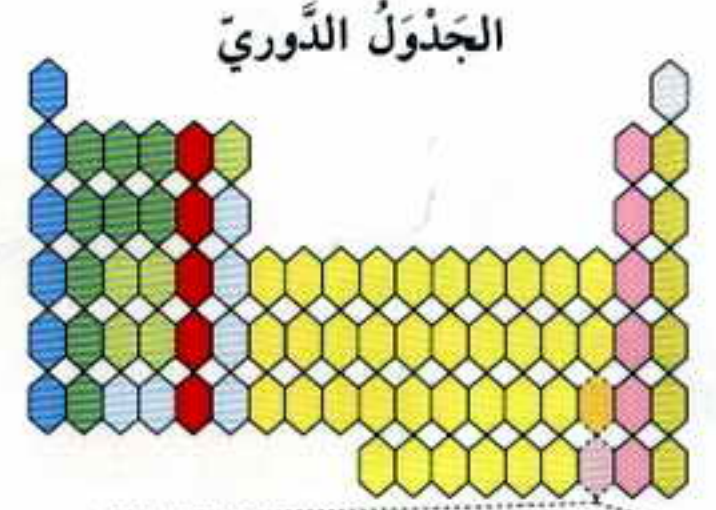
لمزيد من المعلومات انظر

- البلورات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الزجاج ص ١١٠
- تصميم المواد ص ١١١
- الكهرباء التيارية ص ١٤٨
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الكربون



لا بقاء لكائن حي نباتاً كان أم حيواناً بدون الكربون. فالكربون في أجسادنا، وفي طعامنا وفي الهواء من حولنا. كيميائياً، تستطيع ذرة الكربون الترابط مع ما قد يبلغ أربع ذرات من عناصر أخرى، أو مع ذرات أخرى من الكربون، بحيث يتواجد في الطبيعة من مركبات الكربون أكثر مما يوجد من مركبات كافة العناصر مُجمعة. والكربون عنصرٌ لافلزّي، يوجد نقيّاً في الطبيعة على شكل ألماسٍ وجرافيت، أو مركّباً كما في الصخور الكربونيّة كالطباشير، والوقود الأحفوريّة كالفحم، وثاني أكسيد الكربون في الهواء. عند



تتألف المجموعة ١٤ من: الكربون (ك) والسليكون (س) والجرمانيوم (جر) والقصدير (ق) والرصاص (صا)

المشروبات الفوّارة

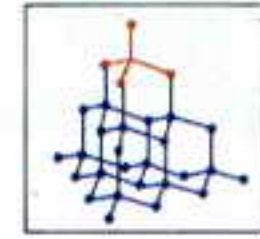
إنّ حبّ المشروبات الفوّارة هو فقاعيّ ثاني أكسيد الكربون؛ فهذا الغاز مُذاب فيها تحت الضغط، وبزوال الضغط ينطلق منها حبّاً وفقاعيّ.

أشكال الكربون المختلفة

للهيئة الأولى، يبدو الألماس مختلفاً جداً عن الجرافيت، فالألماس صلبٌ وصافٍ، والجرافيت لينٌ ورماديّ؛ لكنهما شكّلان تآصليّان للعنصر نفسه. ويؤلف الكربون أيضاً قسماً كبيراً من الفحم؛ فالفحم عندما يُجمّع بمَعزَل عن الهواء، يتحوّل إلى وقود لا دُخانِي هو الكُوك. أمّا الفحم النباتي، فحمّ المناقِل، فهو كربونٌ يُحضّر بحرقِ الخشب جُزئياً، ومثله فحم العظام.



الانتراسيت، أفضل أنواع الفحم، إذ تزيد نقاوته على ٩٠٪.



في الألماس، تترايط كلُّ ذرة كربون مع أربع ذرات أخرى من الكربون.

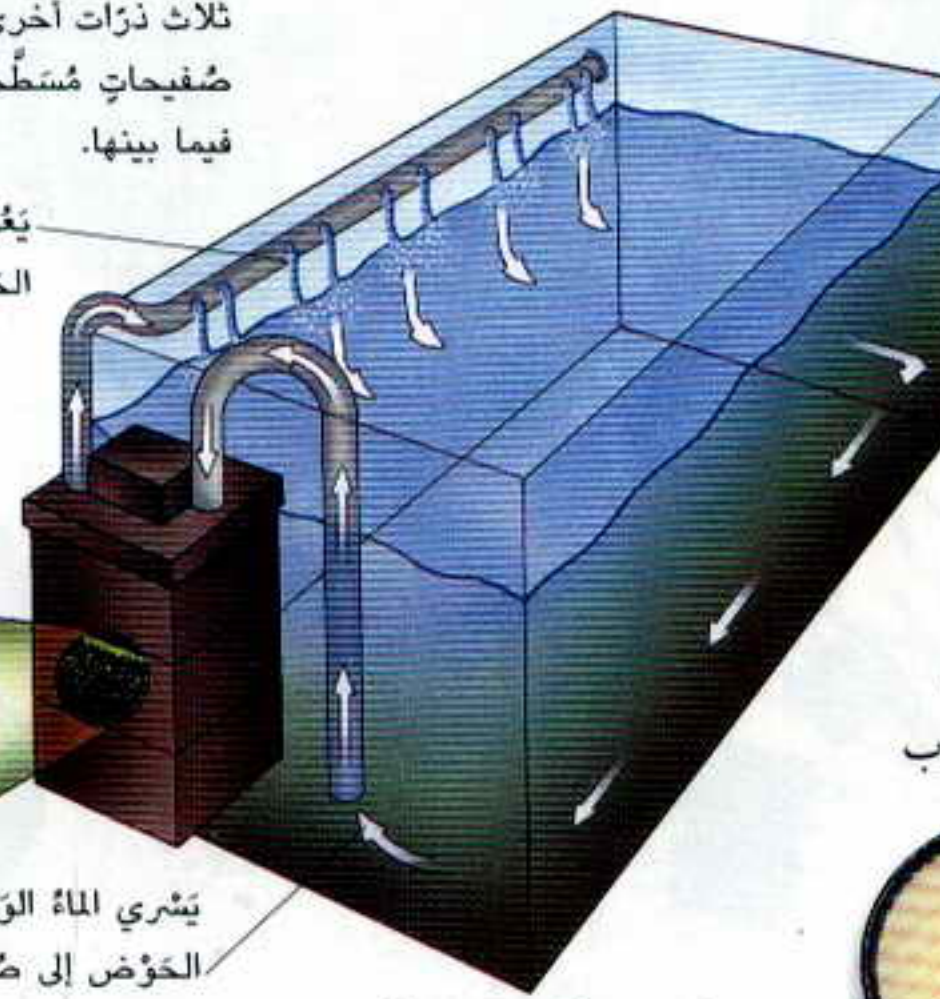
الألماس أشدّ المعادن المعروفة صلادةً.

عندما ترشّم خطاً بقلم الرصاص يبقى أثر الجرافيت ظاهراً، لأنّ صفيحات الذرات الكربونيّة فيه سهلة التمزّق.

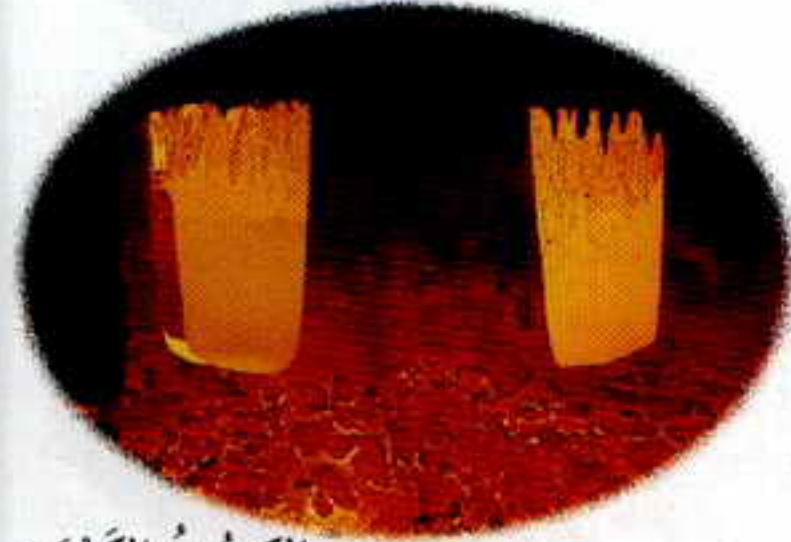
في الجرافيت، تترايط كلُّ ذرة كربون مع ثلاث ذرات أخرى فقط من الكربون في صفيحاتٍ مُسطّحةٍ ضعيفة التجاذب فيما بينها.

يُعوّذ الماء النقيّ إلى الحوض.

يُختبِس الفحم النباتي المنشط الأوساخ والشوائب.

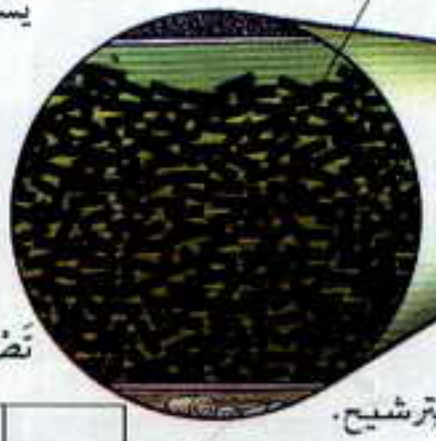


يُشري الماء الوسخ من الحوض إلى صندوق الترشيح.



الكربون الكهربائي

الكربون عنصرٌ لافلزّي غير عاديّ بين اللافلزات لأنه مُوصِّل جيّد للكهرباء. ففي صناعة الفولاذ يُستخدَم قطبان ضخمان من الجرافيت في فرن القوس الكهربائيّ كإلكترودين. ويندفع شرر القوس الكهربائي وهيّجاً «متقافراً» بين الإلكترودين مُبتعثاً حرارةً شديدةً تُصهر الخام والخردة الفلزّيّة في الفرن.



الفحم النباتي المنشط

الفحم النباتي المنشط ذو قدرٍ إمْتَزَازيّةٍ عالية، أي إنه يجتذب المواد إلى سطحه، فيمكنه بذلك إزالة الغازات السامة والروائح الكريهة من الهواء. لذا يُستخدَم هذا الفحم في كِمَامَات الغاز ومُنظّومات التّهوية في العرَبَات الفضائيّة وكِمَامَات موائد الطبخ؛ كما يُستخدَم أيضاً في تنقية السوائل، كالماء في أحواض السمك. فيمرّ ماء الحوض المُتسخ فوق الفحم النباتي المنشط لإزالة أوساخه، ثم يُعاد نقيّاً إلى الحوض.

إطارات مضارب التنس المصنوعة من الألياف الكربونيّة أخفّ وأمتن بكثير من الإطارات الخشبيّة.

الألياف الكربونيّة أرفع بكثير من شعر الإنسان، لكنّها أقوى من الفولاذ بشماني مرّات.

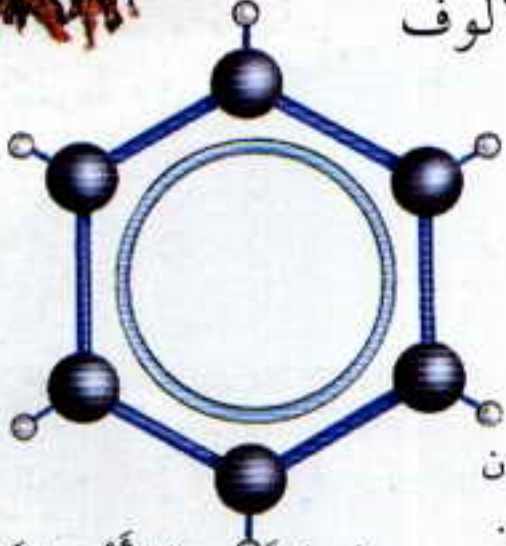


لمزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الكيمياء العضويّة ص ٤١
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- مُنتجات الفحم ص ٩٦
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيويّ ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الكيمياء العضوية

الأقمشة ذات الألوان الزاهية التي لا تبهت أصبحت ممكنة بفضل أصباغ الأنيلين.



العطريات (الأروماتيات)

والدهنيات (الأليفاتيات)

البنزين سائل عضوي لهوَب عديم اللون حاد الرائحة. والمركبات العضوية ذات البنية البنزينية الحلقية تُعرف بالأروماتيات. وقد كان الأنيلين أحد هذه المركبات (ويُعرف أيضًا بالبنزين الأميني) نقطة البداية لسلسلة كاملة من الأصباغ الزاهية المعروفة بالأصباغ الأنيلينية. أما المركبات العضوية التي تولفها سلاسل من ذرات الكربون، دونما حلقات، فتُعرف بالأليفاتيات.



تُحضَّر اللدائن بـتـعـالـجـة المكوّنات الأخف في النفط.

زيت السيارات أحد مكوّنات النفط، ويُستخرج منه بالنقطير.

لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخُصْب ص ١٠٢
- تصميم المواد ص ١١١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الكربون بالغ الأهمية، حتّى لقد بلغ من أهميته أن أُفرد لدراسته علَم قائم بذاته هو الكيمياء العضوية. ووصفت هذه الكيمياء بالعضوية لأنها كانت سابقًا تقتصر على دراسة الكائنات الحية (وهي كما نعلم تتألف من مركّبات الكربون). أما اليوم، فالكيمياء العضوية تُعنى بدراسة جميع مركّبات الكربون - عدا «اللاعضويات»، كالكربونات وثاني أكسيد الكربون.

ويتميّز الكربون عن سائر العناصر بقُدرة ذرّاته الفريدة على الترابط فيما بينها بروابط مُستقرّة جدًا. لذا يمكنها تأليف سلاسل طويلة تضمّ مئات الألوف من ذرّات الكربون. تُقسّم المركّبات العضوية إلى طوائف أهمّها البروتينات والدهون والسكريات (الكربوهيدرات).

الكيمياء الحيوية

المركّبات الكربونية تنطوي على أسرار الحياة - حياة النبات والحيوان - على الأرض. فالحياة ممكنة فقط بفضل كيمياء الكربون الفاتقة التعقيد والتنوّع الجارية باستمرار في جميع الخلايا الحية.

دورة الكربون في الكون

يدور الكربون بين الهواء والحيوانات والنباتات والتربة باستمرار، فيما يُعرف بدورة الكربون في الكون.

الكيمياء العضوية

عام ١٨٠٨، استخدم جونز برزيليوس (١٧٧٩-١٨٤٨)، الكيميائي السويدي، مصطلح «الكيمياء العضوية» عابيًا بها كيمياء الكائنات الحية. عام ١٨٢٨، نجح فردريخ وفلر (١٨٠٠-١٨٨٢)، الكيميائي الألماني، بتحضير البوليما (اليوربا) وهي مركّب عضوي طبيعي مخبريًا من مواد غير عضوية. ومنذئذٍ صارت الكيمياء العضوية كيمياء معظم مركّبات الكربون، وليس مركّباته الطبيعية فقط. عام ١٨٦٥، استوحى فردريخ كاكوله فون سترادونيتز (١٨٢٩-١٨٩٦)، الكيميائي الألماني، فكرة البنية الحلقية للبنزين من رؤيته في المنام أقعى تَعَصُّ دَنَبُها.

الصيغة الكيميائية للابيثين (الابيثين) هي:

ك هـ، وهي تمثل العدد الإجمالي لذرات الكربون والهيدروجين. أما صيغته التركيبية فهي ك هـ = ك هـ، وهذه تبين أنّ ذرتين من الهيدروجين ترتبطان مع كلّ ذرّة من الكربون، وأنّ ذرتي الكربون مترابطتان برابط ثنائي.

تتفاعل جزيئات الإيثين لتكوّن سلسلة طويلة

من ذرات الكربون المترابطة بروابط أحادية. وهذا يُنتج البوليثين اللدائي الذي صيغته (ك هـ)ن. و«ن» هي عدد تكرر هذه الوحدة (ك هـ) في المركّب المكثور.

ثاني أكسيد الكربون في الهواء

تتحول المركّبات العضوية إلى الحيوانات

مركّبات عضوية أخرى وثاني أكسيد الكربون بالتنفّس والانحلال.

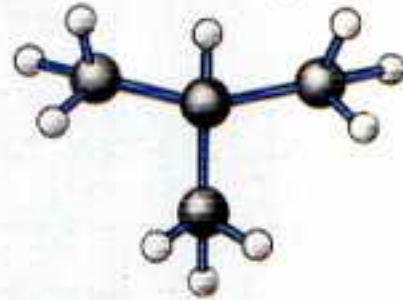
الحيوانات

تُحصل الحيوانات على المركّبات العضوية من أكل النباتات.

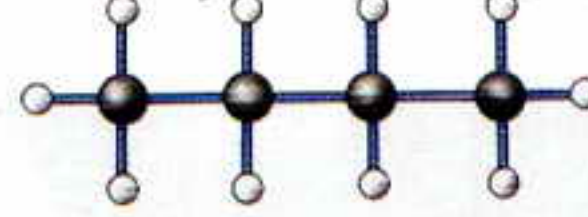
الأيسومرات

المُتماكبات (المتماثلة التركيب)

تحتوي بعض مركّبات الكربون الذرّات نفسها، فهي متماثلة التركيب، لكنّ خواصّها مختلفة لأنّ ترتيب الذرّات فيها مختلف. وتدعى هذه المركّبات المُتماكبات. فالبيوتان وپروپان الميثيل-٢ هما مُتماكبان (أيسومران). ويحتوي غاز القوارير دائمًا بعض پروپان الميثيل-٢ إضافةً إلى البيوتان، وكلاهما يتألف من أربع ذرّات كربون وعشر ذرّات هيدروجين.



پروپان الميثيل-٢



البيوتان

المكثورات اللدائية

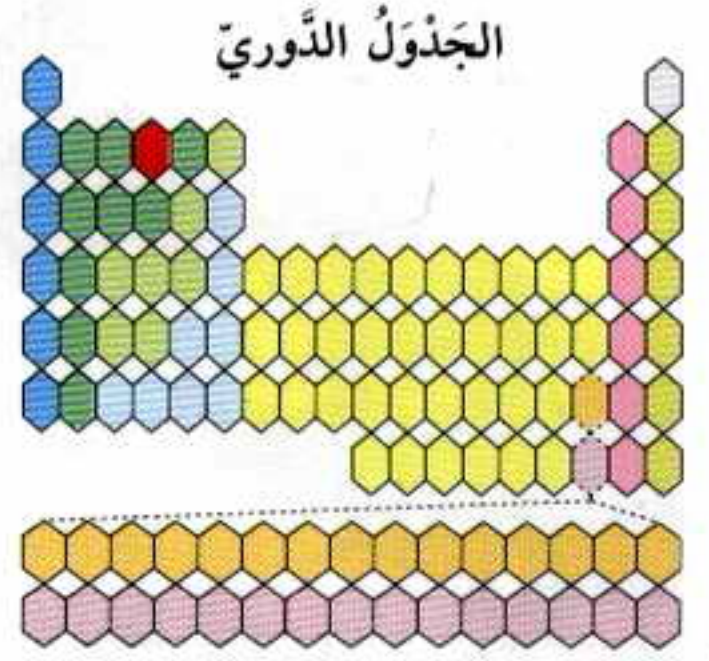
تتجدّد جزيئات المركّبات الكربونية كالإيثين لتُشكّل سلاسل ضخمة، هي نموذجية في اللدائن. فالجزيء من السلسلة يُدعى مَوْحودًا، والسلسلة بأكملها تُدعى مكثورًا. واللدائن المختلفة تتألف من مَوْحودات مختلفة.

الزيت واللدائن

زيت تزليق السيارات وأي لَدِينَة معروفة لا يدوان مُتشابهين؛ لكنّ أشياء مُشتركة تجمع بينهما؛ فكلاهما مادة عضوية، كما إنّ مصدر كليهما واحد، هو الزيت الخام (النفط).

النَّتْرُوجِين

النَّتْرُوجِين عُنْصُرٌ حَيَوِيٌّ أَساسِيٌّ كأحد المكوّنات الرئيسيّة لجِبِلَة (بروتوبلازم) الخلايا الحيّة في النبات والحيوان؛ وهو يشكّلُ حوالي ٨٠ بالمئة من الهواء الجوّي. والنتروجين غاز عديم اللون والطعم والرائحة. ويمرّ النتروجين دومًا بمراحل دوريّة تحفظه في الطبيعة حولنا - فيما يعرفُ بدّورة النتروجين. فالنباتات تأخذه من التربة، والحيوانات تحصل عليه من أكل النباتات أو الحيوانات الأخرى. وعندما تموت النباتات والحيوانات وتحلّل، يعود النتروجين ثانيةً إلى التربة. وفي الطبيعة يتواجد النتروجين مركّبًا في خامات معدنية ككثرات الصوديوم. يتألّف جُزْيُ النتروجين في الهواء، كما الأكسجين، من ذرتين، ورّمزه ن ٢. ويكوّن النتروجين مع الأكسجين عدّة أكاسيد، من ضمنها بعض مكوّنات الغازات المُنفلتة من عوادم السيّارات والمُلوّنة للبيئة.



تتألّف المجموعة ١٥ من: النتروجين (ن)
والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والانتيمون
(نت) والبرموت (بز)

المتفجرات النتروجينية

المتفجرات موادّ غير مُستقرّة تتحلّل أو تحترق بسرعة مُطلقةً حجمًا ضخمًا من الغازات وحرارةً شديدة، تمدّدها مُنتجة موجة صدميّة ضاغطة مُدمّرة. مُعظم المتفجرات الكيماويّة كالنتروغليسرين وثالث نيتريت الثولوين (ت ن ت) تحوي النتروجين. والنتروغليسرين سائل زيتي فائق اللاستقراريّة يُمزج مع نوع من الصلصال للحصول على الديناميت - الأكثر استقرارًا وأمانًا. وتُستخدم المتفجرات في صناعة القنابل.



يمكن استخدام المتفجرات
بأساليب فائقة التحكم لهدم
مبنى دون إلحاق الضرر
بالمباني المجاورة.



دورة النتروجين في الكون

مراحل تبادل النتروجين مستمرة دومًا بين الهواء والحيوانات والنباتات فيما يعرفُ بدّورة النتروجين في الطبيعة.



الأسمدة النتروجينية

يُضيف المزارعون الأسمدة النتروجينية إلى التربة لتعويض النتروجين الذي استنفذته النباتات. السّماد الطبيعي (الزُّبْل) غني بالنتروجين؛ لكن يُفضّل العديد من الناس اليوم استخدام الأسمدة الاصطناعيّة، كالنترات وكبريتات الأمونيوم.

النتروجين اللافعال

النتروجين غير فعال، لذا يُستخدم لعزل الأكسجين الشديد الفاعلية، في حاويات شتّى. فالإيثانول (الكحول العادي) قد يشتعل في مُحاذاة الأكسجين. لذا يُستخدم النتروجين لاستبعاده من صهاريج التخزين. كما تملأ علب المقلّوات القصيّة (القرشة) بالنتروجين، لاستبعاد الأكسجين الذي قد يتفاعل مع الدهنيّات فيها فتُبَوّخ وتفسد.

النتروجين التّخديري

يُستخدم غاز أكسيد النيتروز الرّائحة كمُخدّر؛ ويُدعى «الغاز المضحك» لأنّه يُضحك بعض المرضى قبل غيابه عن الوعي. وفي القرن التاسع عشر كانت تُجرى عروضُ لاختبار تأثيرات الغاز المضحك في بيوتات خاصّة بلندن، للتسلية فقط. ثمّ أدرك العلماء لاحقًا إمكانية الاستفادة من هذا الغاز كمُخدّر.



النتروجين السائل

يُجمّد الطعام سريعًا باستخدام النتروجين السائل. فبعض الأطعمة كالقطاير بالجبن، مثلاً، توضع على سير النّاقلة في مُجمّد نفّقي. وأثناء تحركها تُبرّد أولاً بغاز النتروجين، ثمّ تُرَدُّ بالنتروجين السائل فتتجمّد.



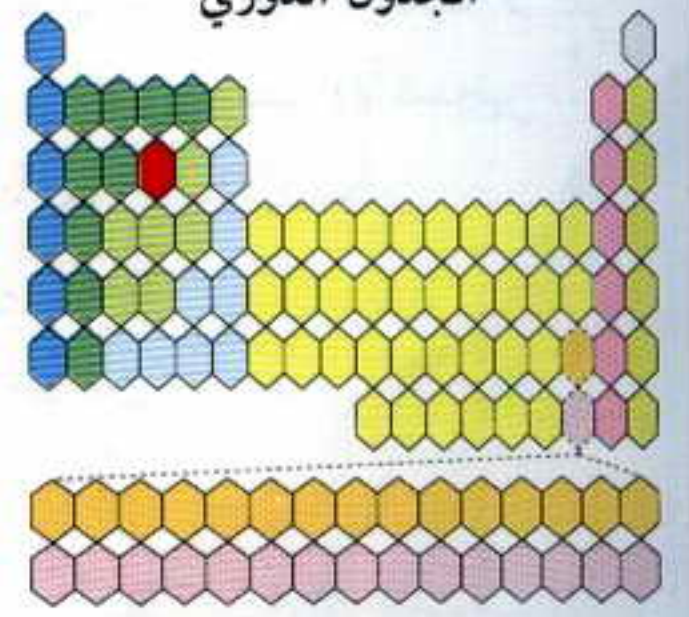
لمزيد من المعلومات انظر

- التّرابُ الكيماويّ ص ٢٨
- الجَدُولُ الدَّورِي للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الأمونيا ص ٩٠
- الكيمياء الزراعيّة ص ٩١
- المطر ص ٢٦٤
- دورات في الغلاف الحيويّ ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الفُسفور

بعض المشروبات المرطبة كالكولا ذات طعم حاد، وذلك عائد لاحتوائها قليلاً من حامض الفسفوريك - الذي هو أحد مركبات الفسفور. والفسفور في شكله المألوف، جامد ضارب إلى الصفرة، شمعي القوام ذو شفافية طفيفة. والفسفور الأصفر هذا يتوهج في الظلام، وتعرف هذه الخاصية بالفسفر. وهو لشدة فاعليته يحترق تلقائياً في الهواء، لذا يُحفظ تحت الماء. والفسفور أساسي الأهمية للكائنات الحية - تستخرج النباتات من التربة، وتحصل عليه الحيوانات من النباتات. والفسفور لا يوجد في الطبيعة منفرداً بل متحداً في مركبات الفسفات المعدنية، كفسفات الكالسيوم، التي يُستخدم معظمها في المخصبات الزراعية.

الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٥ من: النتروجين (ن) والفسفور (فو) والزرنيخ (ز) والانتيمون (نت) والبيزموث (بز)



تَعْدِينُ الفُسفور

أهم خامات الفسفور هو الأباتيت (فسفات الكالسيوم الطبيعية) الذي يتواجد بأشكال عدة؛ وقراراته الرئيسية المعروفة هي في المغرب وتونس بشمال أفريقيا. وتستخدم كميات ضخمة من الصخور الفسفورية في صناعة الأسمدة الكيماوية، حيث يُعالج الصخر بحامض الكبريتيك لإنتاج الشوبرفسفات المخصب الأسهل امتصاصاً للنباتات.



الفُسفور والنور

يُحضّر الفسفور الأحمر بإخماء الفسفور الأصفر إلى درجات حرارة عالية، ثم يُدقّن صفائح. ويُستخدم الفسفور الأحمر في إشارات الاستغاثة البحرية لإحداث أنوار شديدة السطوع. كما إنه يؤلف المادة الفعالة في عيدان الثقاب. ثقاب الأمان تشتعل فقط إذا حُكّت على سطح يحوي فسفوراً أحمر، أما التي تُحكّ أينما كان، فتحوي مركباً فسفورياً في رؤوسها.

فسفات الكالسيوم تؤلف جزءاً قوامياً من العظام والأسنان، لكنها تبدو في الطبيعة بلورات ذات ألوان متنوعة تدعى الأباتيت.



أشكال الفُسفور التآصلية

للفسفور ثلاثة أشكال تآصلية رئيسية: الأصفر (الأبيض المصفر) والأحمر والأسود. في الرسم إلى اليمين، قُضبان وقطع من الفسفور الأصفر تتحول ببطء إلى الشكل الأحمر الأكثر استقراراً؛ كما يمكنك مشاهدة البقع القائمة على القُضبان. الفسفور الأسود، أكثر أشكال الفسفور استقراراً، ويُحضّر بإخماء الشكل الأصفر تحت الضغط.



الفسفاتات

مساحيق (أو سوائل) الغسيل تحوي ثالث بوليفسفات الصوديوم الذي يُزيل عُسر الماء. وتعمل الفسفاتات من مياه المجاري والأسمدة والمُنظفات على تلويث الأنهار وتهديد حياة الكائنات فيها. إذ إنّ فرط المغذيات يؤدي تالياً إلى قُوط نماء البكتريا الحيوانية التي تستهلك الأكسجين في الماء. هذا وتُستخدم الفسفاتات العضوية لمكافحة الآفات كالحشرات والقوارض.

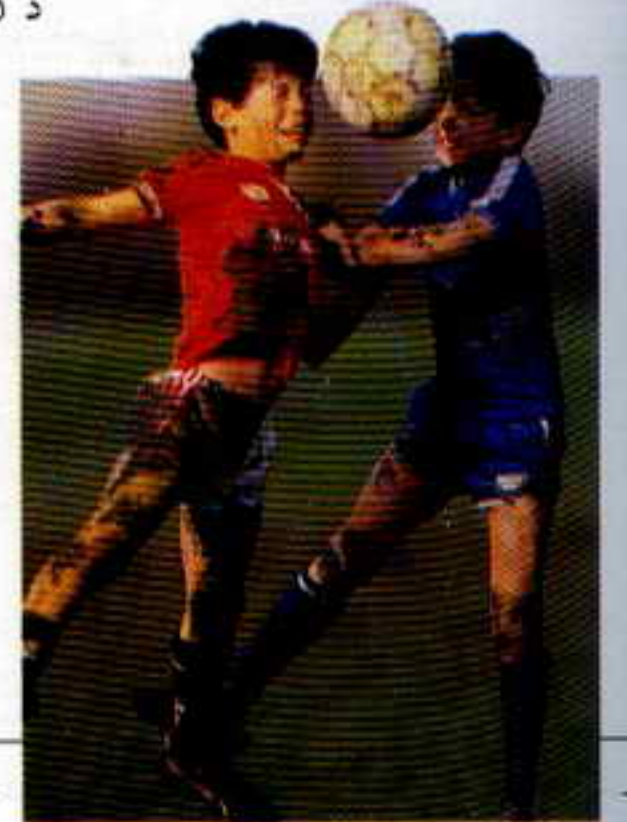


اكتشاف الفُسفور

في القرن السابع عشر، استخلص الكيميائي الألماني، هينغ براند، الفسفور ببخبر ٥٠ دلوًا من البول، بالإغلاء وإخماء الفضالة مع الرَّمْل. وأسماه الفسفور (أي «حامل الضوء» باليونانية) لأنه يتوهج في الظلام. واحتفظ براند بسرّ اكتشافه هذا؛ لكن روبرت بويل (١٦٢٧-١٦٩١)، الكيميائي الإيرلندي، أعاد اكتشاف الفسفور بعد ذلك ببضع سنوات.

الفُسفور أساسي للحياة

مادة العظام والأسنان معظمها من فسفات الكالسيوم التي تكسبها صلابتها. وتتألف المجموعات الفسفورية جزءاً من د ن أ (الحامض النووي الريبوزي المنقوص الأكسجين) المتواجد في نوى الخلايا والمتحكم بعملياتها. ويوفر المركب الفسفاتي: ثالث فسفات الأدينوسين - (أ ت ب) الطاقة في الجسم بتحليله إلى ثاني فسفات الأدينوسين - (أ د ب) مطلقاً طاقته المخزنة لإنجاز نشاط حركي كانقباض العضل، أو فيولوجي كتخليق البروتين العضلي.

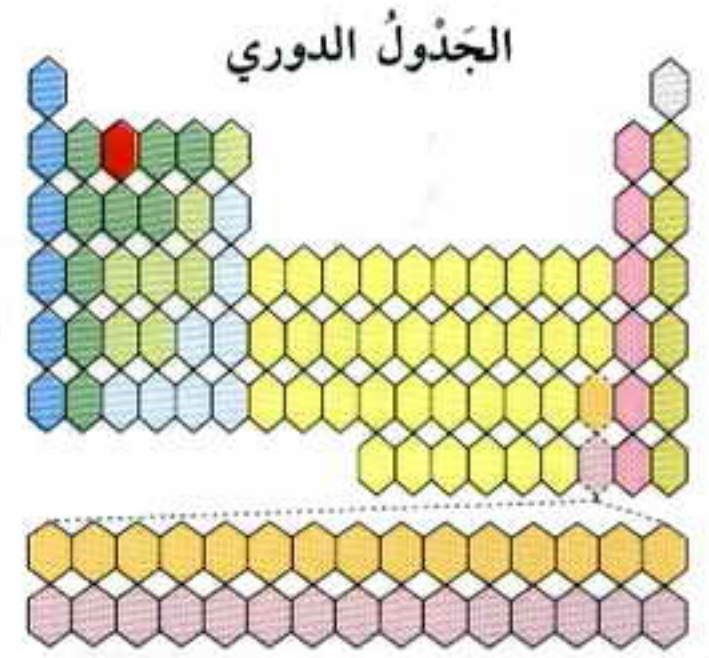


لزيد من المعلومات انظر

- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- فلزات التربة القلوية ص ٣٥
- النتروجين ص ٤٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الكيمياء الزراعية ص ٩١
- الصابون والمُنظفات ص ٩٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الأكسجين

الأكسجين أكثر العناصر وفرة في الطبيعة، وهو غاز عديم اللون والطعم والرائحة؛ وبدونه لا بقاء للكائنات الحية على الأرض. فنحن نستنشق دوماً مع الهواء، الذي يؤلف الأكسجين خمس مزيجه، كما إنه موجود في العديد من الأشياء. ففي البحار، يتواجد الأكسجين مذاباً في الماء، كما يشكل جزءاً رئيسياً من تركيبه. وفي الصخر يؤلف الأكسجين جزءاً رئيسياً من معظم معادنه. يتألف الأكسجين العادي من جزيئات ثنائية الذرات (فرمزه O_2). أما معظم الأكسجين في أعالي الجو، فشكل آخر منه يتألف جزيئه من ثلاث ذرات ويُعرف بالأوزون (O_3)، وهو يشكل طبقة واقية حول الأرض تحجب الأشعة الفضائية المؤذية. والأكسجين شديد الفاعلية الكيميائية؛ فما الاحتراق والتأكسد والصدأ والتنفس إلا بعض التفاعلات الكيميائية التي تحدث باتحاد مواد معينة مع أكسجين الهواء.



تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (أ) والكبريت (كب) والسيلينيوم (سل) والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



القطع بالأكسجين

يستخدم الأكسجين والأكسيتلين في قطع الفولاذ فاشتعال غاز الأكسيتلين في الأكسجين النقي يُنتج درجة حرارة، تزيد على 3000°C ، تُصهر الفولاذ تحت لهب الحملج وتقطعه بسهولة. ويستخدم هذا الحملج أيضاً في لحام الفولاذ - إذ ينصهر الطرفان المراد لحامهما في لهب شعلته، ثم يتركان ليبرد.

تفاعل الوقود مع الأكسجين لا يتم بدون الحرارة.



الاحتراق

يُبين «ثالث النار» هذا عوامل إيقادها، وهي الحرارة والأكسجين والوقود. فإذا فقد أحدها لا يمكن إيقاد النار، أو إنها تنطفئ بسرعة. لذا تُغطى نار المَخِيم بالرمل أو الحصى لإطفائها، لأن الرمل أو الحصى يحجب عنها الأكسجين.

يجب أن يحوي الوقود مادة يمكنها الإتحاد مع أكسجين الهواء.

الصخور الحمراء

يعتقد العلماء أن هواء الجو لم يتحو عنصر الأكسجين منذ نشأة الأرض؛ ويربطون بدايات وصوله بالتفاعل مع الحديد في الصخور - محوّلون لها إلى الأحمر. ويبلغ عمر هذه الصخور حوالي ٢٠٠٠ مليون سنة.

الطبيعة الحية

في عملية التنفس تأخذ الحيوانات الأكسجين من هواء الجو (٢١٪ منه أكسجين)؛ لكن ذلك لا يُنقص نسبته في الهواء لأن النباتات تُعيد الأكسجين إلى الهواء ثانية في عملية التخليق الضوئي. أما الأحياء المائية، كالأسماك، فتتنفس الأكسجين المذاب في الماء.



أكسجين الطوارئ

يُعطى المرضى، الذين يعانون مشاكل تنفسية، كميات إضافية من الأكسجين، لتخفيف العبء على الرئتين وزيادة التنفس. وهذا يُساعدهم في التماثل للشفاء بسرعة أكثر.

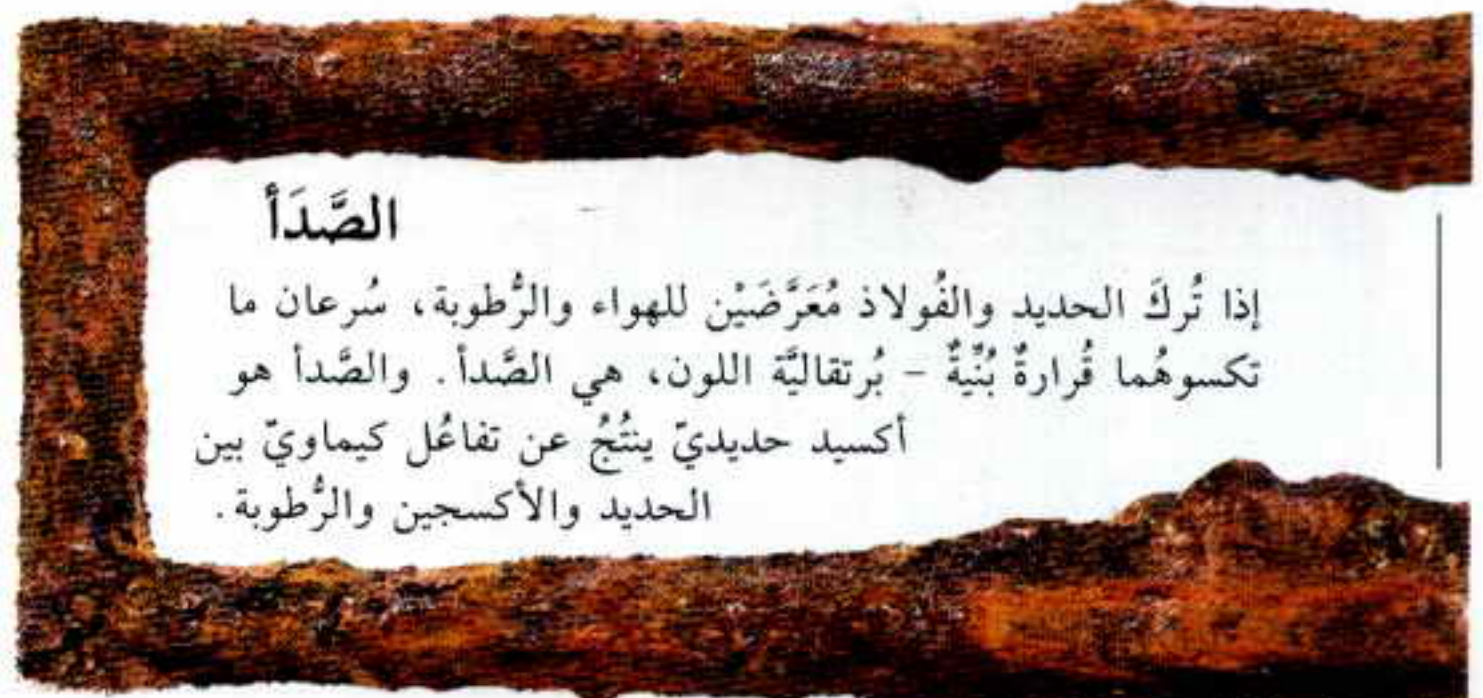


اكتشاف الأكسجين

عام ١٧٧٤، أعلن الكيميائي الإنكليزي، جوزيف بريستلي (١٧٣٣-١٨٠٤)، عن اكتشافه «الهواء المنزوع اللاهوب»؛ وكان كارل شيل (١٧٤٢-١٧٨٦)، السويدي، قد سبقه إلى مثل ذلك بسنو أو سنتين. فقد برهن شيل أن الهواء ليس عنصراً مفرداً؛ لكن لا أحد منهما أدرك حقيقة ما اكتشفه. وكان لأنطوان لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الفرنسي، فضل يُبين طبيعة هذا الغاز وتسميته الأكسجين، عام ١٧٧٥.

الصدأ

إذا ترك الحديد والفولاذ مُعرّضين للهواء والرطوبة، سرعان ما تكسوهُما قُرارة بُنية - بُرتقالية اللون، هي الصدأ. والصدأ هو أكسيد حديدي ينتج عن تفاعل كيميائي بين الحديد والأكسجين والرطوبة.



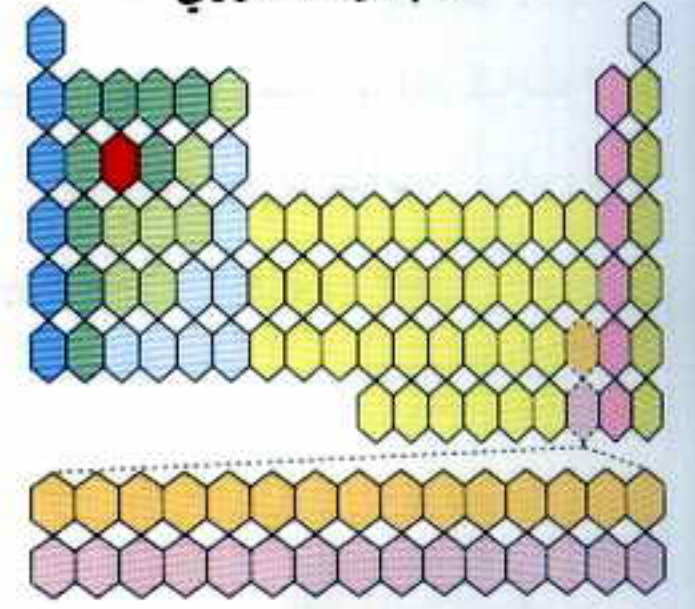
لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والإختزال ص ٦٤
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الكبريت

الكبريت عنصرٌ لافلزّيٌّ أصفر اللون زاهٍ يتواجد في الطبيعة على شكل كبريتيدات (كالغالينا - كبريتيد الرصاص والبايرايت - كبريتيد الحديد) أو كبريتات (كالجبس - كبريتات الكالسيوم المائية). وهو من العناصر الأكثر فاعليّةً، واستعمالاته ومشتقاته في مجالات الصناعة بالغة الأهميّة - من صناعة الدهان والمنظفات إلى فلكنة المطاط وصنع البارود - حتّى يُقاسُ مدى النشاط الصناعي في بلدٍ ما بمقدار ما يستهلكه من الكبريت أو من حامض الكبريتيك، أحد مشتقاته. ويُعتبر أكسيد الكبريت، بخاصّة، الذي تُطلقه محطات توليد القدرة الأحفوريّة الوُقد ذات المحتوى الكبريتي، من ملوثات الجوّ ومُسببات المطر الحامضي.

الجدول الدوري

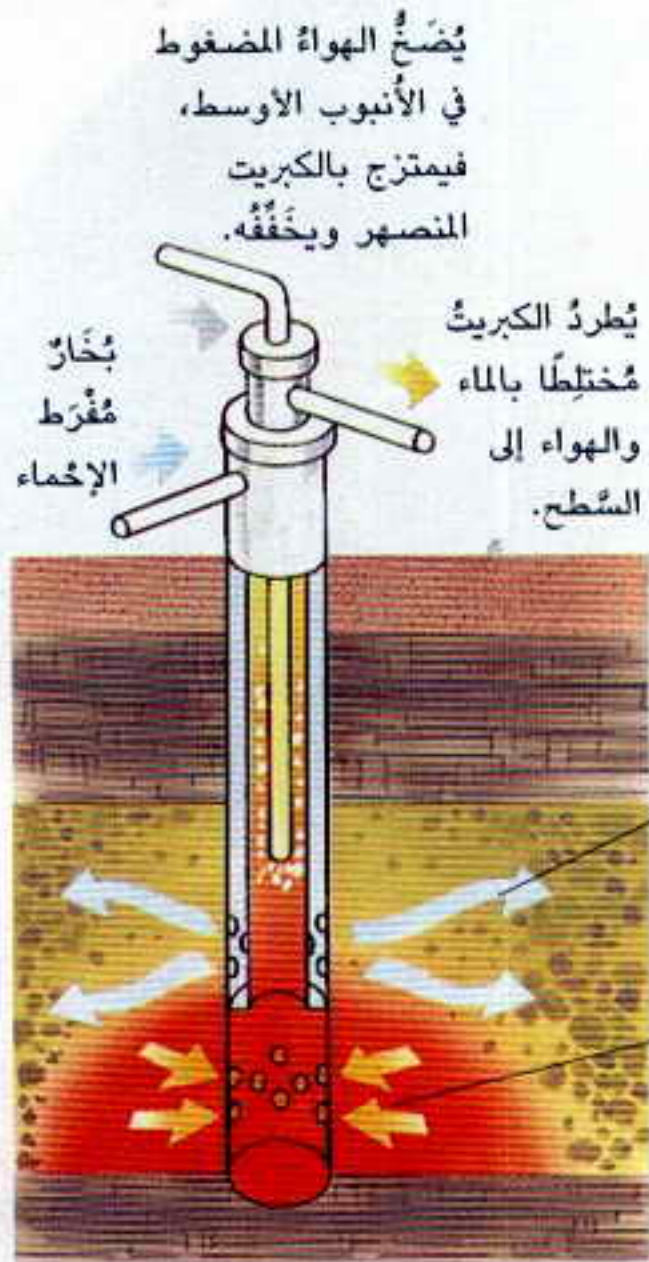


تتألف المجموعة ١٦ من: الأكسجين (ا)
والكبريت (كب) والسيلينيوم (سل)
والتلوريوم (تل) والبولونيوم (بن)



كبريت البروتين

يُحتوي مُح البيض كبريتاً يَتَبَيَّنُ كجُثَارٍ رماديٍّ عند أطراف المُح إذا ما سُلِّقَت البيضة لفترة طويلة. والكبريت من العناصر الضرورية للحياة كجزءٍ حيويٍّ في البروتينات التي تبني الجسم. وعندما تتحلل هذه البروتينات ينتج كبريتيد الهيدروجين، وهو غازٌ سامٌ له رائحة البيض الفاسد.



استخراج الكبريت

يُستخرج الكبريت من مناجمه بطريقة فُرَاش. وفيها تغرُر ثلاثة أنابيب مُتراكزة في القُرارات الكبريتية. يُضخّ بُخَارٌ مُفْرِطُ الإحماء في الأنبوب الخارجي لصهر الكبريت؛ ثم يُدفع الهواء المضغوط في الأنبوب الأوسط، فيطرَد مَزيج الكبريت المُزبد إلى السطح.

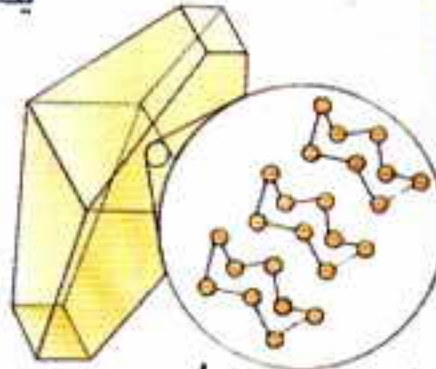
بلّورات الكبريت صفراء.



بلّورات الكبريت

توجد بلّورات الكبريت الدقيقة بين الصخور في المناطق البركانيّة في العالم، وهي من الشكل المُعَيَّن. والشقوق البركانيّة هي مصدر رئيسي للكبريت في بعض البلدان مثل صِغْلِيَّة وجاوا والولايات المتحدة الأمريكيّة. ويتجمّع هذا الكبريت من الغازات المُنبعثّة من جوف الأرض.

يتألف جُزْيء الكبريت المُعَيَّن من ثماني ذرات. وتتطابق جُزْيئات هذا الشكل معاً بإحكام.



يتخلّل البخار بالضغط إلى ماءٍ حارٍّ جداً (فوق ١٢٠° س) يُصهر الكبريت.

الكبريت المنصهر يتجمّع قبل أن يُمزج بالهواء.

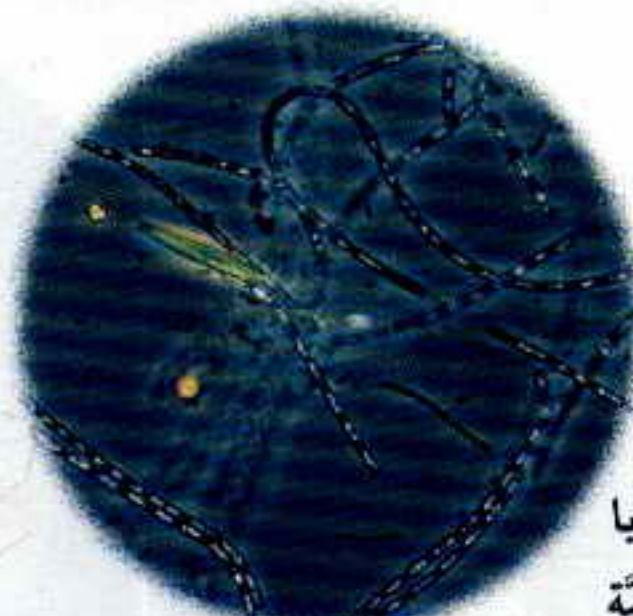
يتألف جُزْيء الكبريت الأحاديّ المثل من ثماني ذرات - الفسحات بينها أوسع مما هي عليه في الشكل المُعَيَّن. وهذا الشكل مُستقرٌّ فقط فوق ٩٦° س.

أشكال الكبريت التآصلية

هناك شكلان تآصليّان رئيسيان للكبريت: المُعَيَّن، والأحاديّ المثل - أولهما فقط مُستقرٌّ على درجات الحرارة العادية. وفي كلا الشكلين تترتب ذرات الكبريت في حلقات ثمانية.

الكبريت على سطح آيو

آيو، أكبر أقمار المشتري، هو أحد أكثر الأقمار نضارة في المنظومة الشمسيّة. ويعود لونه الأصفر البرتقالي الزاهي إلى فيض الكبريت من براكينه النائرة - التي تمّ اكتشافها بواسطة السّوابر الفضائيّة حديثاً.



البكتيريا الكبريتية

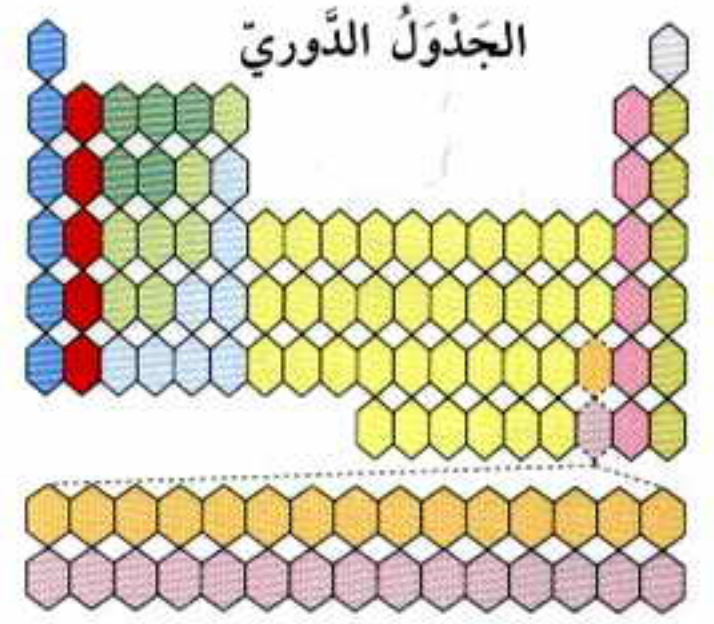
تستمدّ بعض البكتيريا الطاقة من الكبريت بدلاً من الأكسجين؛ لذا فهي لا تستطيع العيش إلّا على مُركّبات الكبريت المُذابّة. وفي الولايات المتحدة يجري استخدام هذه البكتيريا لاستخلاص النحاس، وبعض الفلزّات الانتقاليّة الأخرى نقيّة من مُركّباتها الكبريتيّة.

لمزيد من المعلومات انظر

- البلّورات ص ٣٠
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- مُنتجات الغاز ص ٩٧
- التلوث الصناعيّ ص ١١٢
- المطر ص ٢٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الهالوجينات

يُستخدَم الكلور، أشهر عناصر المجموعة ١٧ (الهالوجينات) في أحواض السباحة لتعقيم الماء، كما يُشكّل جزءاً رئيسياً من كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). وتُضاف الفلوريدات (مركبات الفلور) إلى معاجين الأسنان ومياه الشرب لمكافحة نخر الأسنان. وتُستخدَم مركّبات الكلور والفلور الكربونيّة لمكافحة الآفات (كالحشرات والفُطور والطحالب المؤذية) وفي أجهزة التبريد. لكنّ البحث جارٍ عن بدائل لها بعد أن اكتُشف أنها تُضرّ بالبيئة. والمعروف أنّ جميع هاليدات الفضة حسّاسة للضوء، لذا تُستخدَم في الأفلام والورق الفوتوغرافي؛ وبروميد الفضة هو أكثرها استعمالاً في هذا المجال. الهالوجينات جميعها شديدة الفاعليّة، وكلّها تحوي ذراتها سبعة إلكترونات في الغلاف الخارجي.



تتألّف المجموعة ١٧ من: الفلور (فل) والكلور (كل) والبروم (بر) واليود (ي) والأتاتين (ست) المشع

الفلوريت المتفلور

يوجد الفلور في

الطبيعة في معادن كالفلوريت (فلوريد الكالسيوم) ذي البلورات التكعيبيّة المتنوعة الألوان تبعاً لشوائبها المختلفة. والكثير من هذه البلورات يتفلور (يتألق لضعاً) في الأشعة فوق البنفسجيّة.

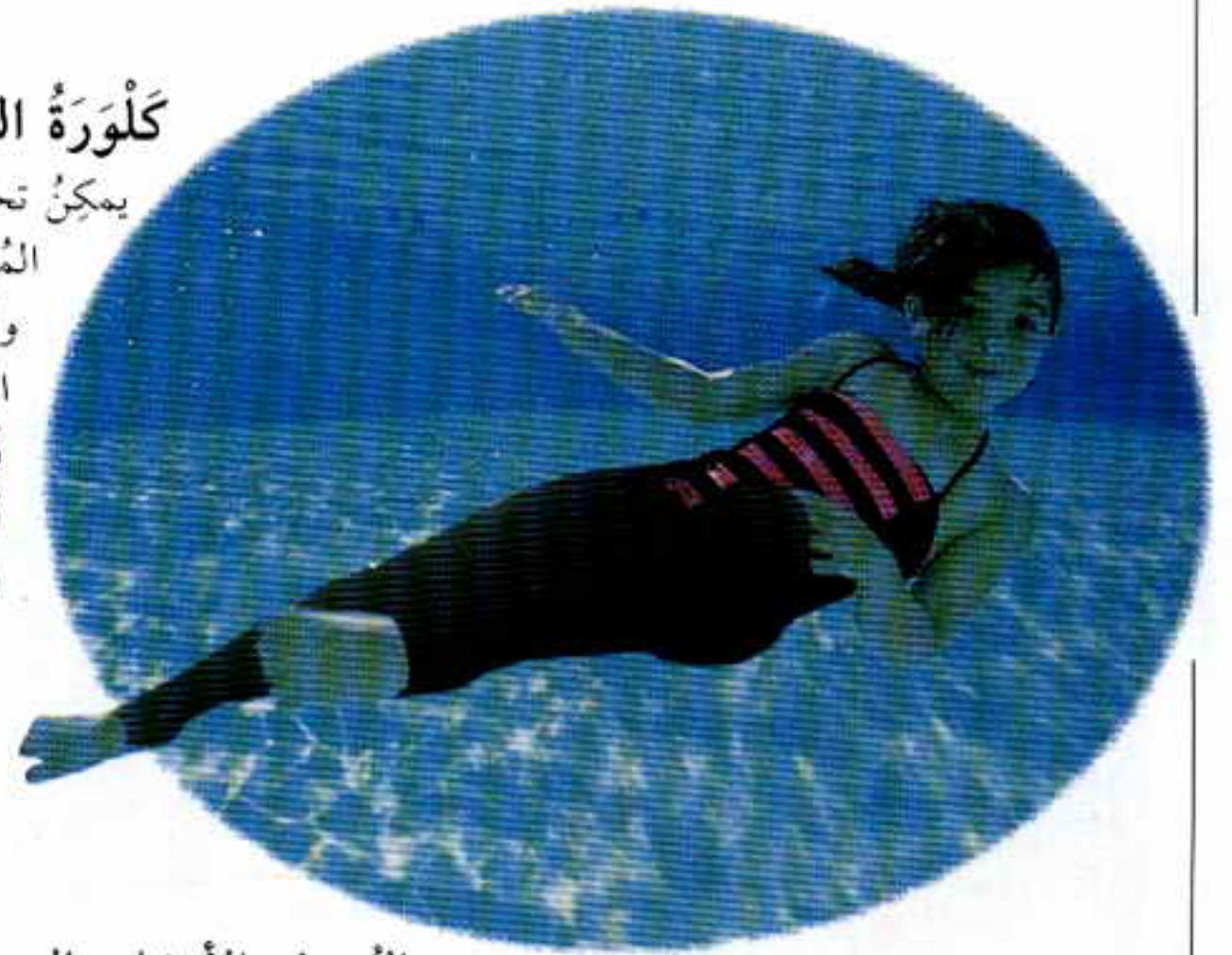
الكلور

الكلور غاز أصفر مخضر، خائض الرائحة سام. وكسائر الهالوجينات، يتحد الكلور بسهولة مع الهيدروجين والماء لإنتاج حامض قويّ جداً هو حامض الهيدروكلوريك.



كلورة الماء

يمكن تحضير الكلور من محلول الملح المركز بالتحليل الكهربائي. والكلور مادة تقصير قويّة تُبيّض الألوان؛ كما إنّهُ مُطهر ومُعقم فعّال يُستخدَم لمعالجة الماء في أحواض السباحة ومحطّات تنقية المياه.



اليود في الأعشاب البحريّة

يوجد اليود بمقادير ضئيلة في مياه البحر وفي الأعشاب والطحالب البحريّة. واليود عنصر مهمّ في نشاط الغدّة الدرقيّة التي تُنظّم مُستويات الطاقة والنمو في صغار اللّبنات. ويؤدي افتقار الجسم لمركبات اليود (اليوديدات) إلى تضخّم الغدّة الدرقيّة يُرافقه تورّم في مقدّم الرقبة وجانبيها.

اللّدائن الرّليّة

تُطلّى بواطن القدور والمقالي (ج. مقلاة) بطبقة من التفلون (وهو مُبلّمر لدائني من رابع فلور الإيثين المتعدد) الشديّد الرّليّة لمنع التصاق ما يُطبخ أو يُقلى فيها. وهذا المركّب عديم الفاعليّة جدّاً ولا يتأثر بالحرارة - مما يجعله مثاليّاً لهذا الغرض.

التفلون صانّد فعّال لجميع الكيماويات الأخرى - حتى البيضة لا يلصق منها شيء بمقلاة التفلون.



ثقب الأوزون

مركّبات الكلور والفلور الكربونيّة المُتفلّنة في الهواء من أجهزة التبريد والمبردات الضبويّة المختلفة تصاعد إلى أعالي الجوّ، فتتفاعل مع الأوزون وتُفكّكه، مُحدّثة فتحات في طبقة الأوزون الواقية. وهذا يُفسح المجال لتسرّب كمّيّات مؤذية من أشعة الشمس فوق البنفسجيّة إلى الأرض.

بعد توضّح التأثير المؤذي لمركّبات الكلور والفلور الكربونيّة، يجري العمل على إيجاد غازات دسّر بديلة في مرزّات الضبويّات المختلفة.



حالياً تظهر ثقب الأوزون بانتظام، شتاءً، فوق القطب الجنوبي للأرض.

البروم

البروم سائل أحمر مُسمّر، يُطلق بخاراً، بلونه، خائضاً ساماً. وهو أحد العنصرين السائلين في الجدول الدوري؛ تُستخدَم مركّبات البروم في التصوير الفوتوغرافي، وكُمسكّنات لطيفة.

اليود

اليود جامد أرجواني مُسوّد اللون برّاق، يتصدّد بالتسخين مُطلقاً بخاراً أرجوانياً. تُستخدَم مركّبات اليود (اليوديدات) في تحضير أصباغ مُعيّنة، وكموادّ حفّازة في الصناعة. هذا ويختبر وجود النشا باللون الأزرق المُسوّد الناتج من إضافة اليود رطباً إليه.

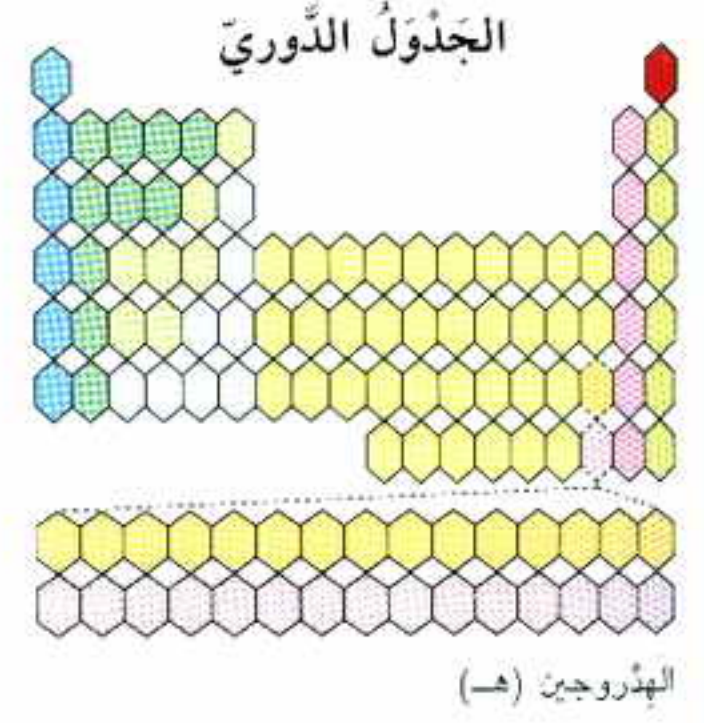


لمزيد من المعلومات انظر

- التّرابط الكيماوي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسجين ص ٤٤
- صناعة الفلويّات ص ٩٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

الهيدروجين

الهيدروجين غازٌ عديم اللون والطعم والرائحة. ورغم أنه أخف العناصر فهو أكثرها توافراً في الكون (إذ يؤلف حوالي ٧٥٪ من مادته). استخدامات الهيدروجين متعددة - مثلاً في هدرجة الزيوت النباتية وتحويلها إلى سُمون كالمرغرين، وفي نزع الكبريت من مُنتجات النفط وزيادة كمية البنزين المُستخلصة منه. لكن الاستخدام الأكثر للهيدروجين هو في صنُع الأمونيا - المهمة في إنتاج الأسمدة وكِماوياتٍ أخرى. كِماوياً، قد يتفاعل الهيدروجين مع الفلزّات أو مع اللافلزّات (مُكوّناً أحياناً أيونات الهيدروجين). وتُعزى حامضية الحوامض كُلّها إلى أيونات الهيدروجين في تراكيبها.



الهيدروجين في الكون

لا يقتصر وجود الهيدروجين كونياً على النجوم ومنظوماتها فقط بل في مادة السُدم التي تتواجد في الفضاءات فيما بينها أيضاً.

الهيدروجين في الشمس

يجزم العلماء أنّ مصدر طاقة الشمس التي نلعم بنورها ودفئها هو الطاقة المتولدة من تداُمج ذرات الهيدروجين، بفعل الضغط ودرجة الحرارة الهائلين في باطنها، مُكوّنة الهليوم مع تحوّل بعض المادة إلى طاقة. ومثل هذا الاندماج النووي يحصل في القنبلة الهيدروجينية المُدمّرة.

الهيدروجين في الأرض

في الأرض كميات كبيرة من الهيدروجين، الذي يؤلف حوالي ١١٪ من مادة الماء (H₂O) فيها. وهو، مع الكربون، أوسع العناصر تواجداً في الكائنات الحيّة والنوُقد الأحفوريّة، كاللحم والنُفط.

الهيدروجين وقود المستقبل

لقد تمّ صنُع سيارتٍ تجريبيّة تُسير بالهيدروجين. أمّا مصدر الوُفود فيها فهو مركّب هيدروجيني يُطلق الهيدروجين عند إحمائه. وميزة هذه السيارات أنّها لا تلوّث البيئة فاحترق الهيدروجين يُنتج ماءً.

هنري كافنديش

اكتشف العالم الإنكليزي، هنري كافنديش (١٧٣١-١٨١٠)، غازاً دعاه الهواء اللهب، وأجرى عدّة تجارب لتحديد خواصّه؛ وبيّن بأنّه يُكوّن ماءً إذا ما احترق في الهواء فكان ذلك بُرهاناً أنّ الماء ليس عنصراً مُستقلاً، كما كان يُظنّ.

وأطلق لافوازييه لاحقاً (عام ١٧٨١) اسم الهيدروجين (أي مُكوّن الماء) على هذا الغاز.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الشمس ص ٢٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

سيارة وقودها الهيدروجين



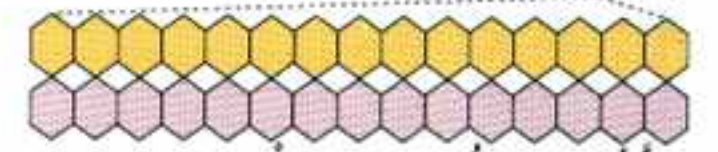
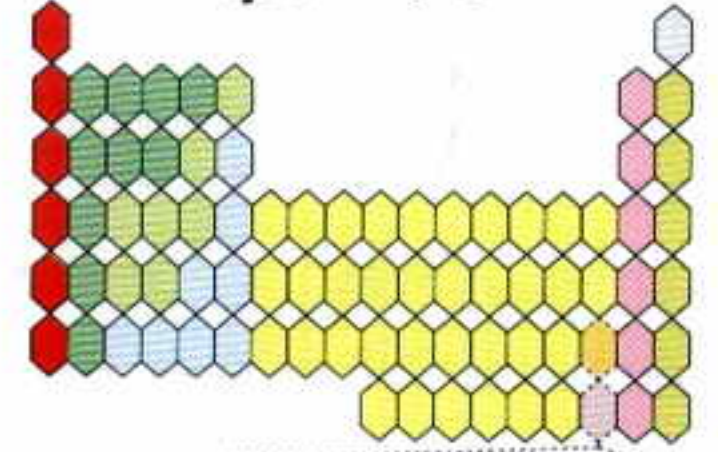
المناطيد والسفن الهوائية

المفروض أنّ الهيدروجين، بسبب خِفّته الفائقة، مثالي لتعبئة البالونات والمناطيد - وقد استُخدم فعلاً لذلك وما زال. لكنّ استخدامه في السفن الهوائية توقّف، بسبب لهويّته، بعد كوارث النُفج التي أودت بحياة الكثيرين - كما في كارثة المُطاد هِنْدنبرج عام ١٩٣٧.

الغازات النبيلة

تُعبأ بالونات التي تُطلق في الجو بهجّة غاز الهليوم، وهو أحد الغازات الستة في المجموعة ١٨ من الجدول الدوري. وتُعرف هذه العناصر بالغازات النبيلة، وتُشكّل قرابة واحد في المئة من الهواء. والنيون غاز نبيل آخر مألوف جدًا في أنوار النيون الزاهية الألوان. أما الرادون المشع فيُستخرج من انحلال الراديوم، ويؤلف قدرًا كبيرًا من إشعاعات الخلفية التي تُصادف في مناطق الصخور الغرانيتية. وتُعرف الغازات النبيلة أيضًا باسم الغازات النادرة أو الخاملة؛ فالكيميائيون لم يتمكنوا إلا من صنع بضعة مركّبات فقط منها. فهذه الغازات نادرة التفاعل مع أي شيء، وهي مُستقرّة جدًا لأنّ الغلاف الخارجي لكل منها كامل التعبئة بالإلكترونات.

الجدول الدوري



تتألف المجموعة ١٨ من: الهليوم (هي) والنيون (نن) والارجون (غو) والكربتون (كن) والزنون (نز) والرادون (ر) المشع



الهليوم

الهليوم أخف العناصر، بعد الهيدروجين؛ وكلاهما أخف كثيرًا من الهواء. يُستخدم الهليوم، بدلًا من الهيدروجين، في تعبئة المناطيد والسفن الهوائية الحديثة لأنه مأمون أكثر، فهو لا يحترق. يحوي هواء الجو مقدارًا ضئيلاً جدًا من الهليوم؛ لكنّ بعض مكايين الغاز الطبيعي تحوي كمّيات كبيرة منه؛ وهي المصدر التجاري الرئيسي لهذا الغاز.

الغلافات الكاملة

تحتوي ذرة النيون ثمانية إلكترونات في غلافها الخارجي، وبها يكون هذا الغلاف مكتملاً - فلا حاجة للذرة أن تفقد إلكترونات أو أن تكسبها، فتتربط مع ذرات أخرى. كذلك فإنّ الغلافات الخارجية لجميع الغازات النبيلة مكتملة؛ وهذا يفسّر خمول فاعليتها واستقرارها.



أضواء النيون

تتولد ألوان قوس قزح النيوني هذه بإمرار الكهرباء خلال الأنابيب المعبأة بغاز نبيل ومواد أخرى على ضغط خفيض. ويُنتج كل غاز نبيل لونًا مختلفًا؛ كما تُضاف مواد أخرى لإنتاج ألوان أكثر. فالهليوم يبعث ضوءًا أصفر، والنيون ضوءًا أحمر برتقاليًا متألّفًا؛ ويسطع الأرجون بضوء أزرق، والكربتون بضوء بنفسجي.



مُنتج نوويّ ثانوي

تتكوّن بأنشطاز اليورانيوم النووي عدّة نظائر مُشعّة للكربتون، منها غاز الكربتون - ٨٥؛ وهذا يُنبعث من محطات القدرة النووية. وقد تمكنت الولايات المتحدة، خلال الحرب الباردة، من متابعة النشاط النووي السوفياتي عن طريق قياس كمية الكربتون - ٨٥ في الهواء.

وليم رامزي

في عام ١٨٩٤،

اكتشف اللورد رايلي (١٨٤٢-١٩١٩)

والكيميائي وليم رامزي (١٨٥٢-١٩١٦) غاز

الأرجون. وكان قد تمّ مطيافيًا اكتشاف وجود

الهليوم في الشّمس؛ ثمّ

اكتشف رامزي وجوده على الأرض عام

١٨٩٥. وأتبع ذلك باكتشافه الكربتون

والنيون والزّنون عام ١٨٩٨ - بعد أن

تمكّن من تحضيرها بتقطير الهواء السائل -

فنال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٠٤.

وفي عام ١٩١٠، تمّ له اكتشاف الرّادون.



أنوار الغازات

يُستخدم الأرجون والزّنون في المصابيح الكهربائية. فتُسطع المصابيح المُعبّأة بالزّنون بنور أبيض مائل إلى الزّرق؛ وفي المَنارات تُستخدم غالبًا المصابيح القوسية المُعبّأة بالزّنون، فيسطع نور القوس الكهربائي وكأنه شرارة مُستمرة. هذا وتُعبأ المصابيح الكهربائية العادية بمزيج من الأرجون والتروجين، لأنّ هذا المزيج الخامل يحفظ فتيلة التنجستن، المُبيضة بشدّة الحرارة، مدة أطول.



مُحطة نوووقُرُنشكايَا للقدرة النووية في روسيا

لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٢

التفاعلات

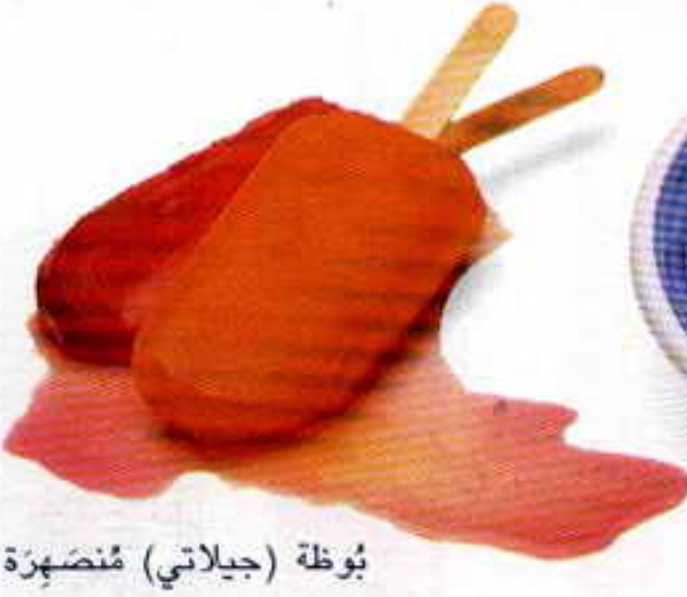
يستخدمُ يَحْضُرُ النباتات ضوء الشمس ليُحوِّل ثاني أكسيد الكربون والماء إلى كربوهيدرات وأكسجين.

تكمَدُ الفُضَيَّاتُ وتَسْوَدُ تدريجيًّا لأن كبريتيد الهيدروجين في الهواء يتفاعل مع الفُضَّة مُكوِّنًا طبقة رقيقة من كبريتيد الفُضَّة.

ملايين التفاعلات الكيماوية تحصل من حولنا على الدوام في كل دقيقة، بعضها تفاعلات طبيعية وبعضها الآخر نتيجة لأنشطة الإنسان. ففي داخل أجسامنا يُمثَّل الطَّعام الذي نتناوله في سلسلة من التفاعلات المُعَقَّدة لِيُزَوِّدنا بالطاقة. وتنهيك النباتات في تحويل ثاني أكسيد الكربون والماء، إلى كَرْبُوهِدْرَاتٍ وأكسجين - في عملية التخليق الضوئي مُستخدمة طاقة الشمس. وفي أجواء الأرض العليا تجري بلا هوادة تفاعلات تُرْسِّحُ أشعة الشمس كيماويًا من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية التي قد تُهدِّد الحياة على الأرض. وفي المختبرات، يَستَخدِمُ العلماءُ التفاعلات الكيماوية بأشكال شتى في عمليات لا حصر لها لِتَصْنِيعِ الأدوية الجديدة، أو لحفظ الأغذية من الفساد، أو لتحويل النفط الخام إلى بنزين، أو لتوفير المواد العديدة اللازمة لإعداد ملابسنا وتجهيز منازلنا.

الكفكة المخبوزة لا تُشبهُ مُقَوِّمَاتِها من الطحين والبيض والزبدة والسكر، فهذه قد تغيَّرت بالتفاعلات الكيماوية.

عند غَسل الصحون، يُفكِّكُ المنظفُ الصابوني الأوساخ والدهون ويُزيلها بخفض التوتر السطحي للماء.



كفكة جاهزة

التغير الكيماوي
خبز الكعكة مثل جيد على التغير الكيماوي.

فمذاق الكعكة وخواصها تغيَّرت بعد خبزها تغيرًا جذريًا عن مذاق وخواص مقوماتها - فهي الآن مختلفة كيماويًا. إن معظم التغيرات الكيماوية تغيرات دائمة - فلا يمكنك إعادة الكعكة المخبوزة إلى طحين وزبدة وبيض وسكر. لكن هناك بضع تغيرات كيماوية عكوسة.



فرانسيس بيكون

كان فرانسيس بيكون (1561-1626) محاميًا ومُخْتَبِرًا وشخصية سياسية إنكليزية مرموقة. ونذكر هنا مقولته الشهيرة في كتابه «الأسلوب الجديد» الذي صدر عام 1620: «إن النظريات حول خواص المادة ذات جدوى فقط إذا أيدتها التجارب».

رُوبرت بويل

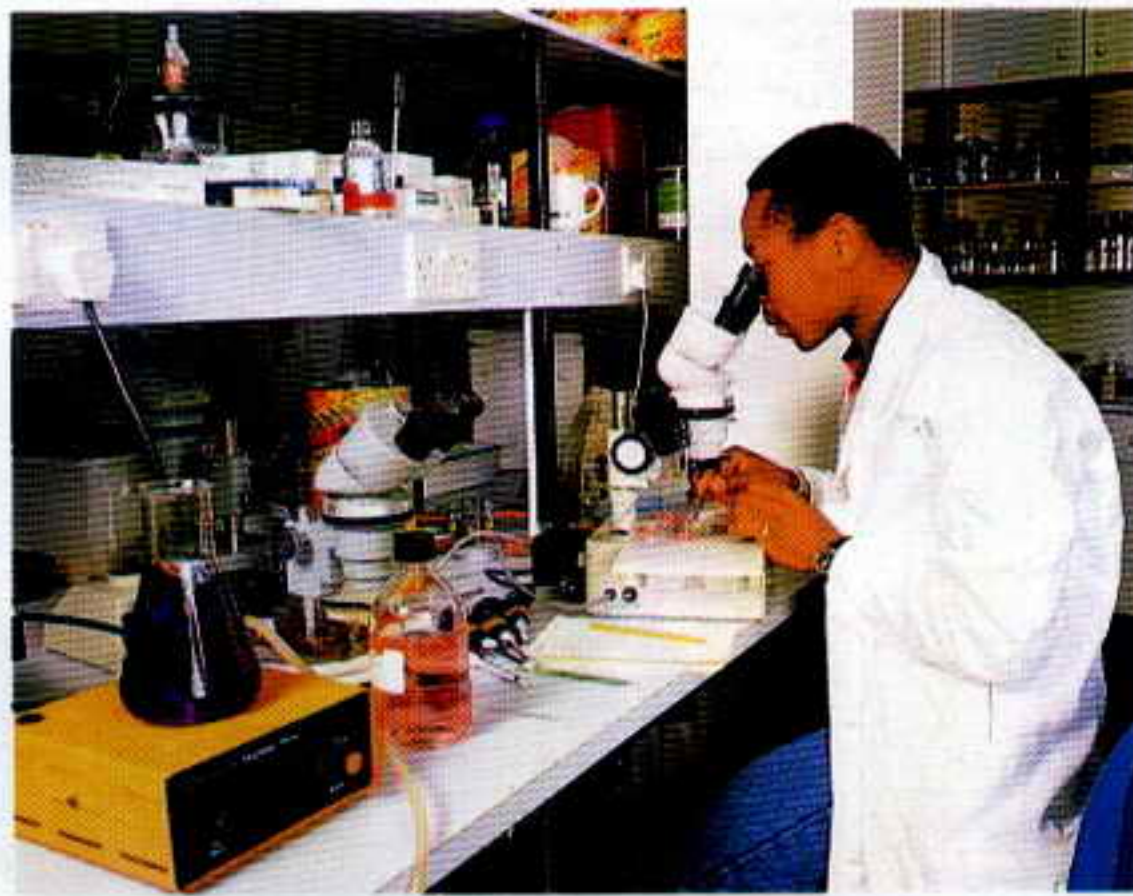
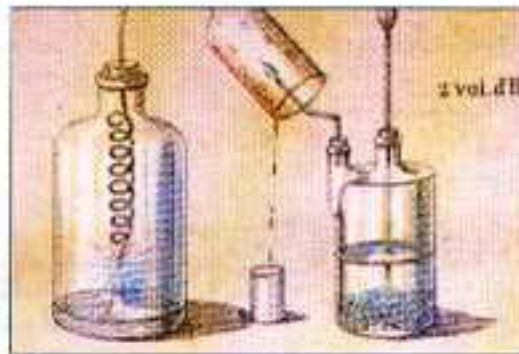
الكيميائي الإيرلندي، رُوبرت بويل، (1627-1691) أحد أول الكيميائيين الحديثين شدَّد في كتابه المشهور «الكيميائي المُشكَّك»، الصادر عام 1661 على أهمية التجارب بقوله: «إن جميع الآراء يجب أن تخضع للاختبار والتجربة للتحقق من صوابيتها». وهو خلال تجاربه الدقيقة على الغازات، اكتشف قاعدة مهمة حول مسلكها تُعرف بقانون بويل.



المختبرات الحديثة

تحتوي المُخْتَبِرَاتُ العلميَّةُ أضافًا شتى من التجهيزات يَستَخدِمُها العلماء في تجاربهم المختلفة. فبعض العلماء، مثلاً، يدرسون التفاعلات المتعلِّقة بتكوُّن المطر الحامضي علَّهم يجدون سبيلًا لمنعه؛ وقد يُجري علماء آخرون تفاعلات كيماوية لتصنيع موادَّ جديدة أو لاكتشاف علاج شافٍ من مَرَضٍ مُعَيَّن.

تجهيزات علمية من القرن الثامن عشر



النظرية الحركية

أَمْكَ تَطْهُو في المَطْبَخ، وَأَنْتَ في غُرْفَتِكَ تَشُمُّ رَائِحَةَ الطَّعَام - هل تساءلت لماذا؟ النظرية الحركية تُقَدِّمُ لك الجواب. إنَّ الجزيئات الغازية الدقيقة المنطلقة من الطعام السَّاحِن والمُدَوِّمة في الهواء سُرْعَان ما يَصِلُ بعضُها إلى أنْفِكَ. فالذرات والجزيئات التي تُولَّف كلُّ شيءٍ حولنا هي في حركة دائمة، حَسَبَ النظرية الحركية؛ وتزداد سرعتها بارتفاع درجة الحرارة فتشغل حيزًا أكبر. لكنَّ جسيمات المواد لا تتحرك بالمَنَوَالِ نفسه -

فجسيمات الجوامد، المُتقاربة التراصُّ والشديدة التماسك، تقتصر حركتها على التذبذب (أو الاهتزاز) في مواضعها؛ وتتحرك جسيمات السوائل بحرية أكثر فتنساب ميوعةً، لكنها تظلُّ مُتقاربة مُتماسكة. أما جسيمات الغاز المُتباعدة والضعيفة التماسك فسرعة

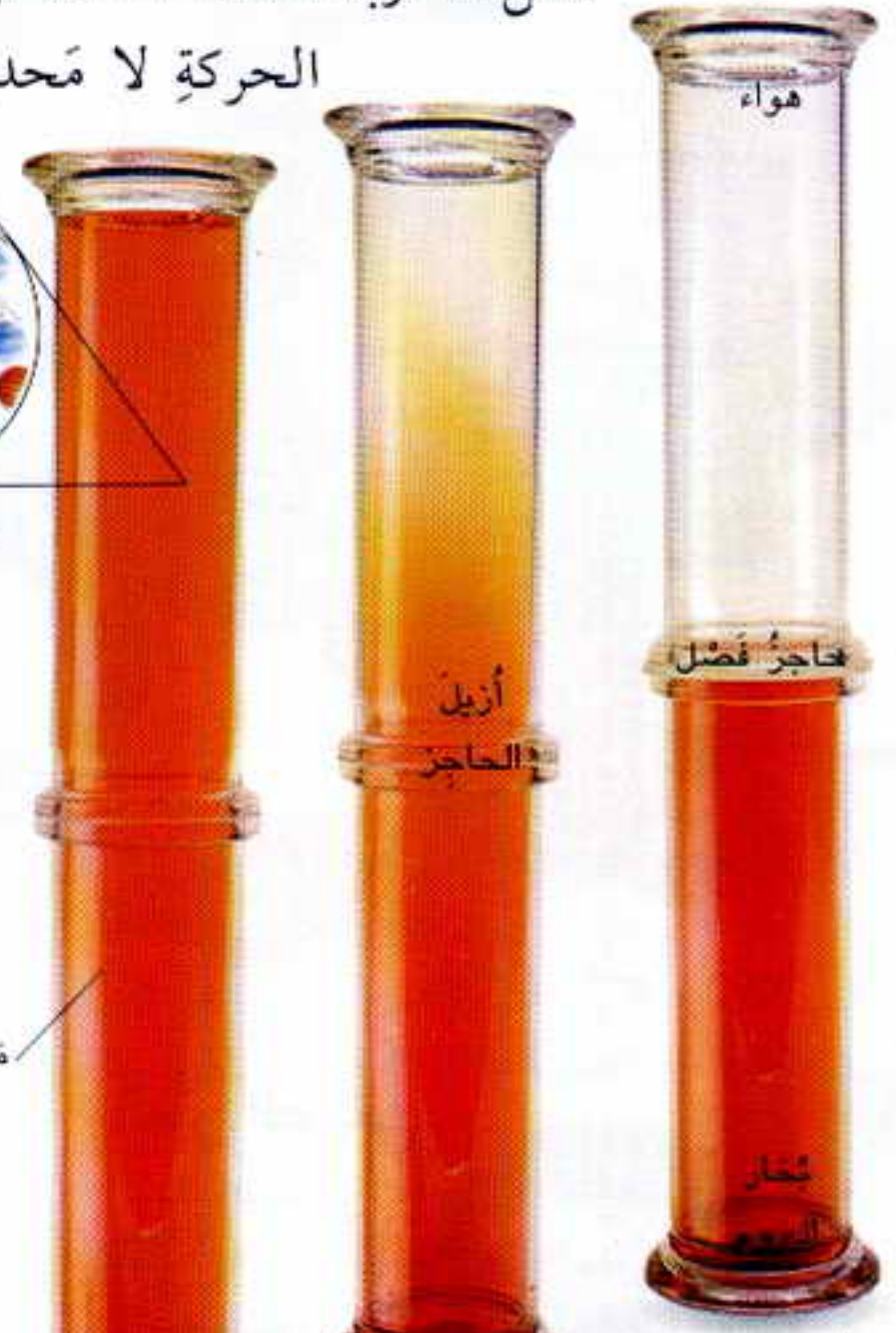
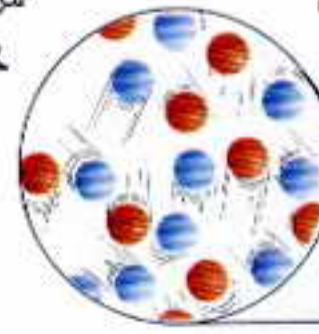
الحركة لا محدودة الانتشار.



جزيئات الهواء داخل المنطاد المُعْبَأُ بالهواء المُحمَّى مُتباعدة لأنها تتحرك بسرعة كبيرة. أي إنَّ الهواء داخل المنطاد أخفَّ من الهواء خارجَه - لذا يرتفع المنطاد في الجَوِّ.

الحرارة المرتفعة تُسرِّعُ تذبذب جسيمات الجوامد فتشغل حيزًا أكبر. وهذا يُغلِّظُ تمدُّد بُرُوجِ إيفيل في باريس بمقدار ٧,٥ سم صيفًا.

مُزيجٌ متعادل من جسيمات البروم والهواء.



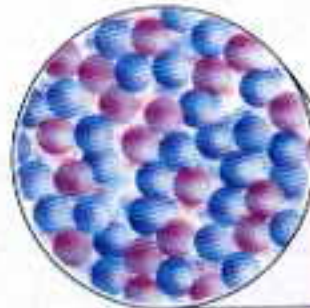
انتشار البروم

يتشر البروم في المَرطبان ليملاً كاملاً الحيز المُتاح. وإذا قُلِبَ مَرطبانٌ ثانٍ فوق الأول، فالغازُ سُرْعَان ما يتشر ليملاًه أيضًا.

الانتشار

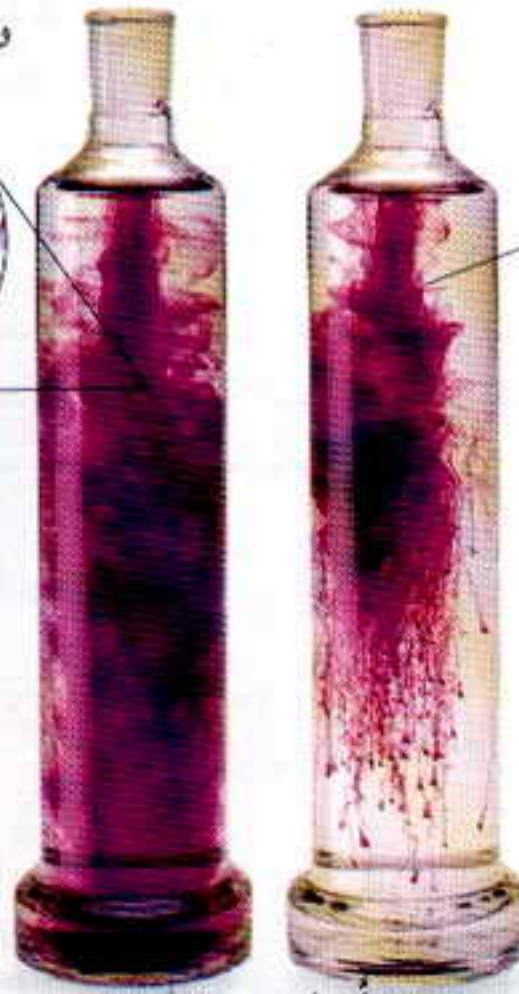
تَتَشَرُّ الغازات لَتملاً أي حيز مُتاح، لأنَّ جسيماتها تتحرك بسرعة كبيرة. وخاصية الانتشار هذه هي سبب انتقال الروائح بسرعة. فعندما يُخبَزُ الكعك في الفَرْن، مثلاً، تنتشر رائحته سريعاً في سائر أرجاء المنزل.

مُزيجٌ من جسيمات الماء وپرمَنغنات البوتاسيوم



الانتشار في الماء

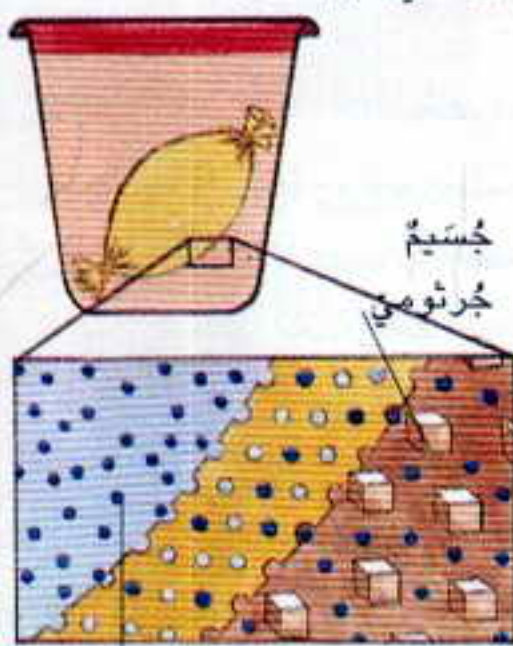
إذا أُلْقِيَتْ قَلِيلًا من بِلُورات پرمَنغنات البوتاسيوم في الماء فسرعان ما يتشر لونُها الأرجواني فيه لأنَّ جزيئات الماء تَرمِطُ جسيمات پرمَنغنات وتدفعها باستمرار. كذلك، إذا نُفِعتُ أوراقُ الشاي في الغلاية، فستَكسِبُ الماءُ كُلَّهُ نكهتها ولونها في فترة قصيرة.



بِلُورات

أكياس الماء التعويضي

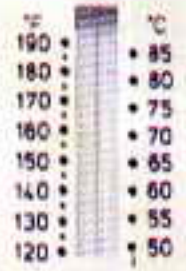
إنَّ مَحْلُولًا من الملح والسكر أساسي في مُعالجة الأطفال المصابين بِإسهالٍ حادٍّ. وحيث يُنْقَرُّ إلى مياه الشرب النقية تُستخدَمُ أكياسُ خاصة تحوي مقدارًا محددًا من السكر والملح الجافين. فإذا وُضع أحدُ هذه الأكياس في المياه الوسيخة، تنتشر عبر مسامِه جزيئات الماء دون الأوساخ - فتزومُ بذلك محلولًا مُعَقَّمًا صالحًا للشرب.



تنتشر جزيئات الماء عبر المسام دون الأوساخ.

التمدُّد

إذا سُخِّنَ جِسْمٌ، كهذا الترمومتر مثلاً، فإنَّ سرعة جسيماته (أو مدى اهتزازها) يتزايدُ لِشُغْلٍ حيزًا إضافيًا، فنقولُ إنه تَمدَّد. لذا يحرص مهندسو السكك الحديدية على ترك فجوات بين القضبان احتسابًا لتمدُّدها في الطقس الحار. تَمدَّدُ السَّوَالِلُ عَشْرَةَ أضعاف تَمدَّدُ الجوامد، أما الغازات فتَمدَّدُ حوالي ١٠٠ مرَّةً أكثر من السَّوَالِلِ.



تُغلِّظُ النظرية الحركية غِلَّ الترمومتر - فأيُّ ارتفاعٍ في درجة الحرارة يتسبَّبُ في تَمدُّد الكحول أو الزئبق بداخله، فيتحرك عمودُ السائل صُغْدًا على المقياس المُدرَّج.



لودفع بولتزمان

في الستينيات من القرن التاسع عشر طوَّر العالم النمساوي، لودفع بولتزمان (١٨٤٤-١٩٠٦) النظرية الحركية



للغازات. وقد جُوهِت نظريته الحركية بمُعارضة شديدة من علماء عصره؛ فَعَمَّه ذلك كثيرًا وأدَّى به إلى الانحيار.

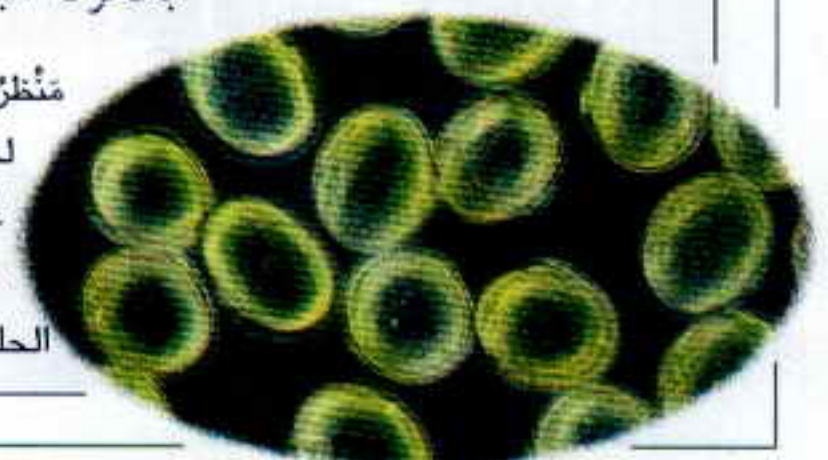
لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- سلوك الغازات ص ٥١
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحرارة ص ١٤٠
- نظام الثقل في النبات ص ٣٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

الحركة البراونية

بينما كان عالم النبات الإسكتلندي، روبرت براون، يتفحص عينة من حبيبات غبار الطلع عام ١٨٢٧ أدهشه رؤية بعضها تتفكر عشوائيًا على سطح الماء. وقد علَّل العلامة ألبرت أينشتاين هذه الظاهرة بعد ثمانين عامًا، مُستخدِمًا النظرية الحركية، بأنَّ حركة جزيئات الماء الدقيقة غير المرئية هي التي تقذف حبيبات غبار الطلع باستمرار فتُسبِّبُ تقفُّزها. وتُعرف هذه الحركة الآن بالحركة البراونية.

منظَرٌ مُكَبَّرٌ لحبيبات غبار الطلع من البسيلي الحلوة في الماء



سُلوُكُ الغازات

قانون بويل

فقائِعُ الغاز التي ينفثها الغوّاصُ تكبرُ تدريجيًّا كلما ارتفعتْ نحو السطح. فهي صغيرة الحجم تحت ضغط السائل الأكثر في العمق، وكلّما ارتفعتْ نحو السطح يقلَّ السائلُ الضاغِطُ عليها، فيزدادُ حجمُها. وهذا في الواقع، مثلُ عمليٍّ على قانونِ اكتشفه الكيميائي الإيرلندي، روبرت بويل، عام ١٦٦٢. ينصُّ قانون بويل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ عكسيًّا مع الضغط الواقع عليه - في ثبوت درجة الحرارة»؛ أي إنه بزيادة الضَّغط يقلَّ الحجم.



يُغلُّ قانون بويل سببَ تزايدِ حجم الفقائِع المنطلقة من الغوّاص كلما اقتربتْ من سطح الماء.

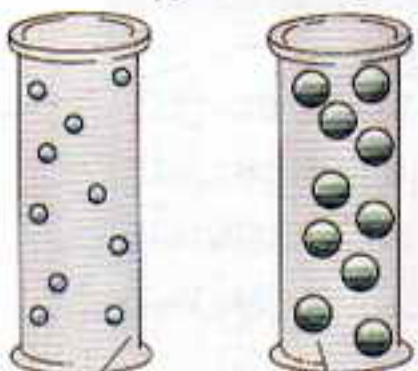
جهاز التبريد

يَدورُ سائلُ التبريد في أنابيب التَّلَاجَة باستمرار؛ وعندما يَعبُرُ فَتْحَةً ضَيِّقَةً يتمدُّ بسرعة متحوِّلاً إلى غاز. وفي تحوُّله إلى غاز، يمتصُّ الحرارة اللازمة من محيطه (أي من داخل التَّلَاجَة) فيبرِّده. ثمَّ يسري الغاز إلى الضاغِط الذي يُحوِّله ثانيةً إلى سائل. وعملية التسييل بالضغط هذه تُطلق حرارة كافيةً لأن نشعر بها في خلقيَّة التَّلَاجَة.



قانون أفوجادرو

إذا ملأنا وعاءً بالكلور وآخر مُمَثِّلاً له تماماً بالأكسجين، فإنَّ كلا الوعائين يحوي العدد نفسه من الجُزيئات. وهذا صحيحٌ رُغمَ أنَّ وَزْنَ جُزْيءِ الكلور ضِعْفُ وَزْنِ جُزْيءِ الأكسجين. هذه القاعدة اكتشفها آمادو أفوجادرو، الفيزيائي الإيطالي، عام ١٨١١. وينصُّ قانون أفوجادرو على أن «الحجوم



جُزْيءِ كلور جُزْيءِ أكسجين

المتساوية من الغازات تحوي عدداً مماثلاً من الجُزيئات في درجة حرارة وضَّغط مماثلين».

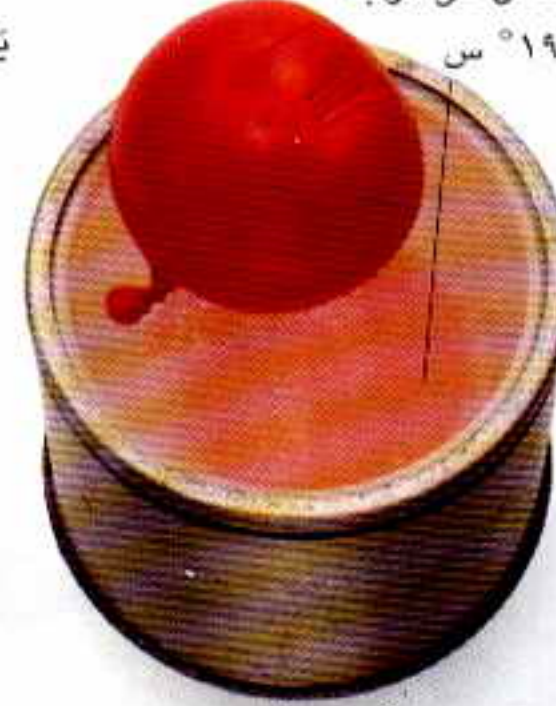
لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادَّة ص ١٨
- تغيُّرات الحالة ص ٢٠
- النظريَّة الحركيَّة ص ٥٠
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- الضغط ص ١٢٧
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الحرارة ص ١٤١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

تجولُ جُسيماتُ الغازِ بحُرِّيَّةٍ وبسرعة كبيرة؛ لذا تُحدِثُ التغيُّراتُ في درجة حرارة الغاز أو حجمه أو ضَّغطه ظواهرَ مُثيرةً. فمن الخطر مثلاً، تركُ مِرْذاذٍ في موضعٍ حارٍّ، لأنَّه بارتفاع درجة الحرارة، تزايدت سرعة جُسيمات الغاز في داخله فيتزايد ارتطامُها وتَدافُعُها على جوانب المِرْذاذ ممَّا قد يتسبَّبُ في تفجُّره - إذ يُوَدِّي تسخينُ علبة الرَّدِّ إلى ارتفاع ضغط الغاز بداخلها. مثلُ هذه الظواهر لاحظها ودرسها العلماء في القرنين السابع عشر والثامن عشر، واستنبطوا بعض القوانين التي ما زالت تُستخدَمُ للتنبُّؤ بسُلوُك الغازات.

يُفْشُّ البالون في السائل البارد.

يتروحين سائل على درجة حرارة ١٩٦° س



قانون شارل

يتقبَّضُ البالون المملوء بالهواء عند وضعه في وعاء التَّروحين السائل. فدرجة الحرارة الخفيفة جداً تُبطِّئُ سرعةَ جُزيئات الهواء داخل البالون، فيقلُّ تدافعها وارتطامُها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينصُّ قانون شارل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ طرديًّا مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقلَّ حجم الغاز أيضًا إلى النصف.

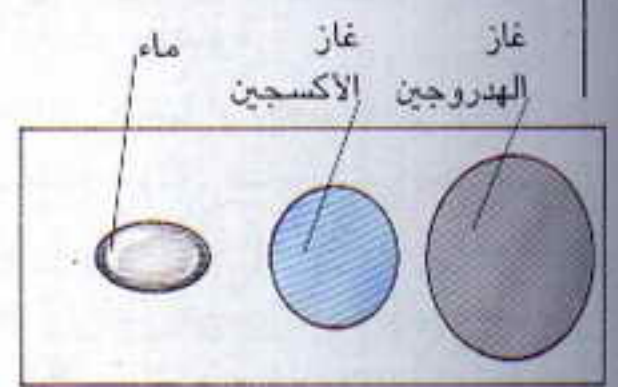
جداً تُبطِّئُ سرعةَ جُزيئات الهواء داخل البالون، فيقلُّ تدافعها وارتطامُها بجدران البالون فينكمش. وقد اكتشف العالم الفرنسي، جاك شارل العلاقة بين درجة الحرارة وحجم الغاز عام ١٧٨٧. وينصُّ قانون شارل على أن «حجمَ الغاز يتناسبُ طرديًّا مع درجة الحرارة المطلقة، عندما الضغط ثابت» - فإذا قلت درجة الحرارة إلى النصف يقلَّ حجم الغاز أيضًا إلى النصف.

للغازات وَزْن

قد يتبادرُ إلى أذهاننا أن الغازات عديمة الوزن لأنَّ مُعظمها لا يُرى، وهذا غير صحيح. فجميعُ الغازات لها كتلةٌ ما لأنَّها تتألف من جُسيمات. ولو تَوَازَنَ بالونين مملوءين بالهواء، ثمَّ تُنْفَسُ أحدهما بدبُّوس، فستشاهدُ أن البالون المليء بالهواء أصبحَ أَثْقَلَ.



البالون المنفَّس يحوي بضعة جُزيئات من الهواء، وهو أخفُّ من البالون المملوء هواءً.



قانون غي لوساك

في العام ١٨٠٨، اكتشف الكيميائي الفرنسي، جوزيف لويس غي لوساك، أنه عندما يتفاعل الهيدروجين والأكسجين ليُنتِجا الماء، فإنَّ حجمين من الهيدروجين يتفاعلان دائماً مع حجم واحد من الأكسجين. وبمتابعة أبحاثه اكتشف أنَّ نسبةَ أحجام الغازات التي تتفاعل بعضها مع بعض بمُجمَلها هي نسبة عددية صحيحة وبسيطة. ويُعرَفُ هذا بقانون غي لوساك.

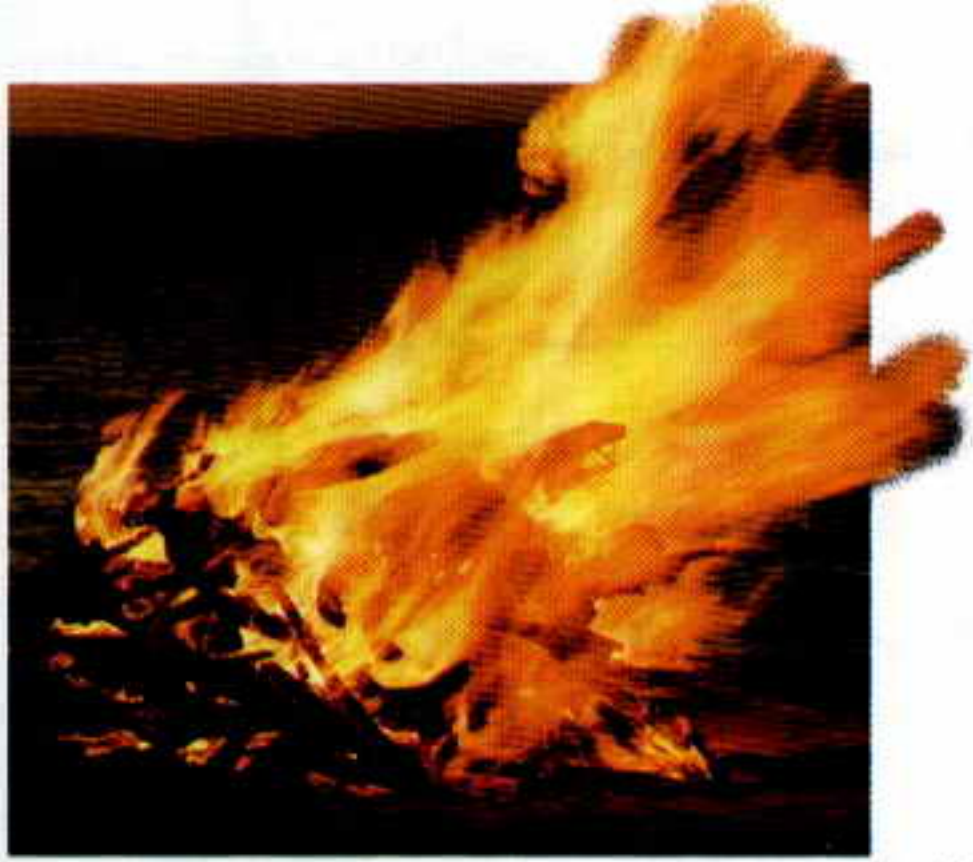
مِنْفَاحُ الدَّرَاجَة

نُحسُّ دائماً بِسُخونة مِنفَاحِ الدَّرَاجَة عند استعماله. وذلك لأنَّ جُزيئات الهواء في داخله تُرْعَمُ على التُّراص في حيزٍ أَقْل، فتزداد سرعة ارتطامها بجدران المنفَاح فيسخن.



تسخنُ جدرانُ المنفَاح مع تزايد سرعة ارتطام الجُزيئات بها.

التفاعلات الكيميائية

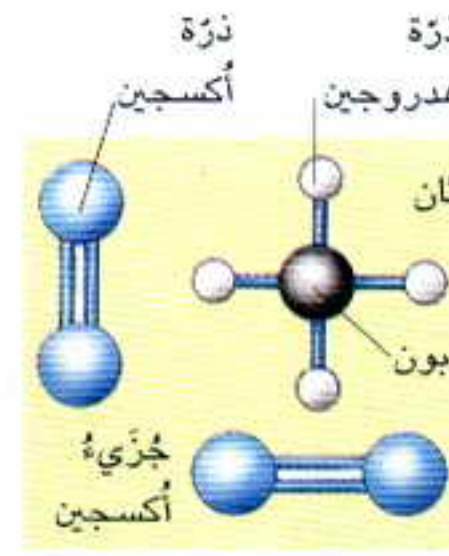
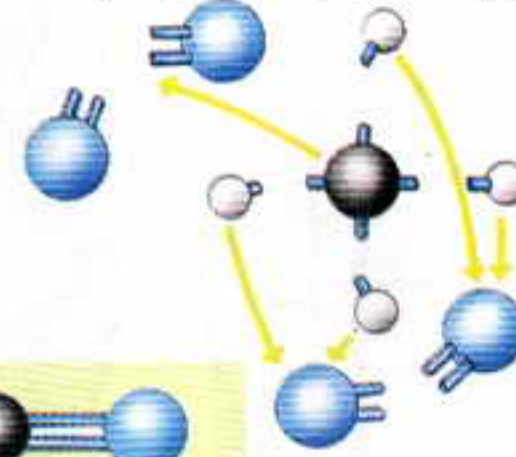


التفاعل الكيميائي هو ببساطة، تفكك أو انحلال مواد، وتكون مواد جديدة من الأجزاء المفككة. وهذا يعني حدوث تغير في البنية الجزيئية للمواد المتفاعلة وخواصها. ففي البنية الجديدة للمواد الناتجة (المنتجات) يُعاد ترتيب الذرات والجزيئات مُجددًا. وهذا يتطلب تفكيك الروابط الكيميائية في المتفاعلات وتشكيل روابط جديدة في المنتجات. إن تفكيك أي رابط كيميائي يتطلب طاقة، في حين تنطلق طاقة عند تكوين رابط جديد، وكلاهما يحصل في كل تفاعل كيميائي - وهذه الطاقة قد تكون حرارية أو ضوئية أو كهربائية. التفاعلات التي تُطلق حرارة تُسمى إكسوترمية (طاردة الحرارة)، وتسمى التفاعلات التي تمتص الحرارة إندوثرمية (ماصة الحرارة).

التفاعلات الطاردة للحرارة

عند احتراق الخشب، تنطلق طاقته الكيميائية كطاقة حرارية. وينطوي هذا التفاعل على تفكك روابط كيميائية وتكوين روابط جديدة؛ لكن كمية الحرارة المُبتعثة بالترابط أكبر من تلك المُمتصة بالتفكك. لذا، يُطلق التفاعل حرارة، ويُسخن المحيط حوله. فهذا مثل على تفاعل طارد للحرارة.

يتفاعل الميثان مع الأكسجين ليكون ثاني أكسيد الكربون وماء. وتُبنى الأشكال أدناه كيف تتفكك الروابط بين الذرات ثم تُعاد ترتيبها.



التفاعلات الماصة للحرارة

يستخدم الرياضيون كمادات مُبردة لتخفيف ألم الإصابات. فالتفاعل المُحدث في الكمادة يمتص الحرارة من جسم الرياضي، إذ إن الحرارة المُمتصة في تفكك روابط المتفاعلات في هذا التفاعل أكبر من تلك المُنتجة في تكوين روابط المنتجات. وهذا مثل على تفاعل إندوثرمي (ماص للحرارة).

تغير الروابط

في كل تفاعل كيميائي، تتفكك روابط في المتفاعلات لتشكل روابط المنتجات. الميثان مثلاً، المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، يتألف من أربع ذرات هيدروجين مُترابطة مع ذرة واحدة من الكربون؛ فعند احتراق الميثان يتفاعل مع أكسجين الهواء وتتفكك جميع الروابط بين ذراته، وتكون روابط جديدة لتؤلف ثاني أكسيد الكربون وماء. وحيث إن هذه الروابط الجديدة ذات طاقة كامنة أقل منها في الروابط الأصلية، فإن التفاعل يطلق فرق الطاقة كحرارة.

يستخدم الشفنين الكهربائي تفاعلاً يُطلق الطاقة ككهرباء ليصعد بها فراشه.



التفاعلات بالكهرباء

بعض التفاعلات يستخدم الكهرباء، وبعضها الآخر يُنتجها. فالشفنين الكهربائي مثلاً، يستطيع قتل السمك الصغير

بصدمة كهربائية قد تبلغ شدتها ٢٢٠ فلو تولد من تفاعل كيميائي يحصل في خلاياه. والبرق الذي هو شرارة كهربائية ضخمة، يحدث تفاعلات في الهواء - منها تكون ثاني أكسيد النتروجين من النتروجين والأكسجين؛ وتكوين الأوزون من الأكسجين.



يحدث البرق تفاعلاً بين النتروجين والأكسجين يُنتج ثاني أكسيد النتروجين، وهذا يذوب في ماء المطر ويتساقط على الأرض كحامض النتريك - أحد مكونات المطر الحامضي.

طاقة التنشيط

معظم التفاعلات تحتاج إلى كمية معينة من الطاقة لتبدأ. لذا لا يشتعل عود الثقاب ما لم يُنشط بالحك؛ كذلك لا تحترق فتيلة الشمعة ما لم يُقرّب منها عود ثقاب مُشتعل. وتسمى كمية الطاقة اللازمة لبدء التفاعل طاقة التنشيط.



التفاعلات بالضوء

الطاقة التي يُطلقها أو يمتصها تفاعل كيميائي قد تكون طاقة ضوئية. فتقاطعة الشرر تطلق حين نُشعلها ضوءاً ساطعاً أبيض اللون. والمُلصقات الإعلانية، كما الثياب، تحول لونها بامتصاص ضوء الشمس القوي والتفاعلات الكيميائية الناتجة منه. كذلك يُحرّض ضوء الشمس تفاعلات في جلد المُشمسين تكون خضب الميلانين الذي يسقّمهم بشمرة مُصفرة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيميائية ص ٢٨
- توصيف التفاعلات ص ٥٣
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- الحفازات ص ٥٦
- تحولات الطاقة ص ١٣٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

توصيف التفاعلات

الصيغ والمعادلات الكيميائية هي للكيميائي نوع من الكتابة المختزلة، كما إنها تُستخدم في توصيف الكيمائيات وتفاعلاتها. فالصيغة الكيميائية لأي مركب تبين نوع الذرات التي يتألف منها وبأي نسب. وتُعبّر المعادلة الكيميائية عن التفاعل الكيميائي، مُبيّنة المواد المتفاعلة ونسبها في طرف المواد الناتجة في الطرف الآخر - مُتجاوزة مشاكل اللغة. ويُستخدم عادةً سهم بدلاً من علامة المساواة بين جانبي المعادلة لبيان اتجاه التفاعل. ويقترح بعض المُجدين (ولعلهم مُحققون) كتابة المعادلات الكيميائية برُموزها اللاتينية المُستخدمة في معظم أقطار العالم.

الرصاص	الزئبق	الفضة
⚗	☿	☾
الرموز القديمة		
S	⚙	L
رُموز دالتون		
فا	بق	ف
الرموز الحديثة		

الرُموز والصيغ الكيميائية

السبعة العناصر التي عُرفت منذ القدم مُثل كل منها بصورة فلكية. وحوالي عام ١٨٠٠، استنبط جون دالتون، الكيميائي الإنكليزي، مجموعة من الرموز الصورية للعناصر المعروفة في أيامه. وفي عام ١٨١١، ابتدع جونز برازيليوس، الكيميائي السويدي، النظام المُعتمد اليوم حيث تُمثل العناصر بالحروف. ويمكن ضم هذه الحروف معاً لبيان صيغة المركب الكيميائي.



الصيغ الكيميائية

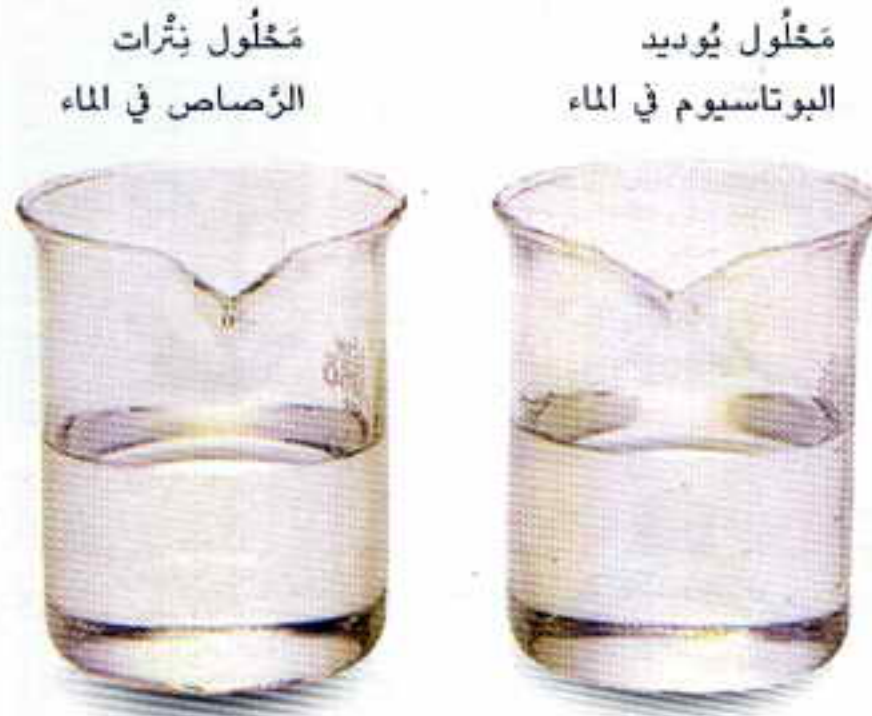
حيثما كان

لِكُلِّ مركب كيميائي اسم وصيغة تُبين العناصر التي يتألف منها. فالاسم الكيميائي للطباشير، مثلاً،

هو كربونات الكالسيوم. وصيغته الكيميائية هي CaCO_3 ؛ أي مع كل ذرة من الكالسيوم (كا) هناك ذرة من الكربون (ك) وثلاث ذرات من الأكسجين (أ).



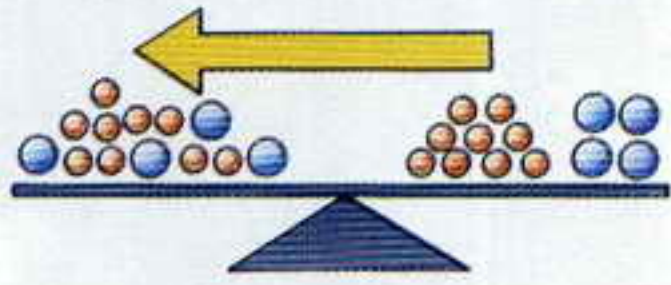
هذا مُثل على تفاعل الإخلال المتبادل بين مركبتين.



المعادلة بالكلمات:
المعادلة بالرُموز:

يُؤيد البوتاسيوم + نثرات الرصاص ← يوديد الرصاص + نثرات البوتاسيوم
2 بوي «ذ» + صا (ن أ) «ذ» ← صاي «ج» + ٢ بون أ «ذ»
لنتوازن المعادلة يجب أن يضاعف عدد جزيئات بوي (وغد جزيئات بون أ) لتتوازن المعادلة التالية لبيان حالة المادة الكيميائية: «ج» = جامد، «س» = سائل، «غ» = غاز، «ذ» = ذائب في الماء.

قانون بقاء الكتلة



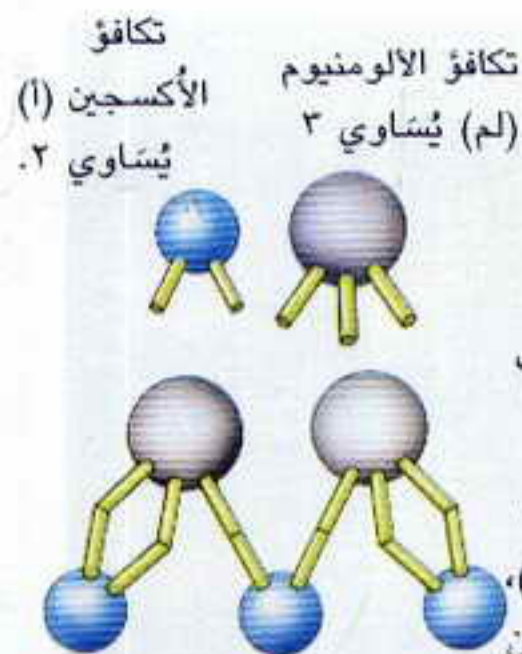
عندما يحصل تفاعل كيميائي لا يتلاشى من التفاعلات شيء؛ فقط تترتب الذرات مجدداً لتكوين المُنتجات. لذا يجب أن تكون المعادلة متوازنة وعدد الذرات متساوياً في كل من طرفيها. وهذا هو قانون بقاء الكتلة، الذي ينص على أن «مجموع كتل المواد المُنتجة في تفاعل ما يساوي مجموع كتل المواد المتفاعلة».

المعادلات

يمكن توصيف التفاعل بطرق مختلفة منها كتابة معادلة له كلامياً أو بالصيغ الكيميائية. وإذا استُخدمت الصيغ برُموزها الكيميائية، فيجب أن تكون المعادلة متوازنة، أي أن يكون عدد الذرات المماثلة متساوياً في كل طرف. فبالمعادلة المتوازنة وحدها يمكن تبين نسب الكيمائيات المتفاعلة بعضها إلى بعض.

التكافؤ

تكافؤ العنصر هو عدد الروابط الكيميائية التي يمكن للذرة تكوينها. وهو عدد الإلكترونات الذي تكتسبه الذرة أو تفقده أو تساهم به عندما تشكل رابطاً كيميائياً. فلتكوين مركب ما، يجب أن يكون مجموع التكافؤات لكل عنصر فيه عدداً مُماثلاً. لتكوين مركب أكسيد الألومنيوم (Al_2O_3)، تتحد ذرتان من الألومنيوم مع ٣ ذرات من الأكسجين.



المول

يحتوي الكيميائيون الذرات والجزيئات المتناهية الصغر بالكتلة؛ والمول هو الوحدة المعتمدة لذلك. يحوي المول من أي مادة 6.02×10^{23} جسيم، لكن كتل المواد (أي كتلتها الذرية أو كتلتها الجزيئية) تختلف. واستخدام المول في عد الجسيمات أشبه باستخدام الصيرفي الوزن لمعرفة عدد قطع الدراهم المعدنية بدل أن يعدّها.

يحتوي المول الواحد من رصاص 6.02×10^{23} جزيء. وكتلته تساوي ٢٠٧ غ.



يحتوي المول الواحد من الألومنيوم 6.02×10^{23} ذرة. وكتلته تساوي ٢٧ غ. وقد سُمّي العدد 6.02×10^{23} ثابت أو عدد أفوجادرو.

لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الجدول الدوري للعناصر ص ٣٢
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

التفاعلات العكوسة



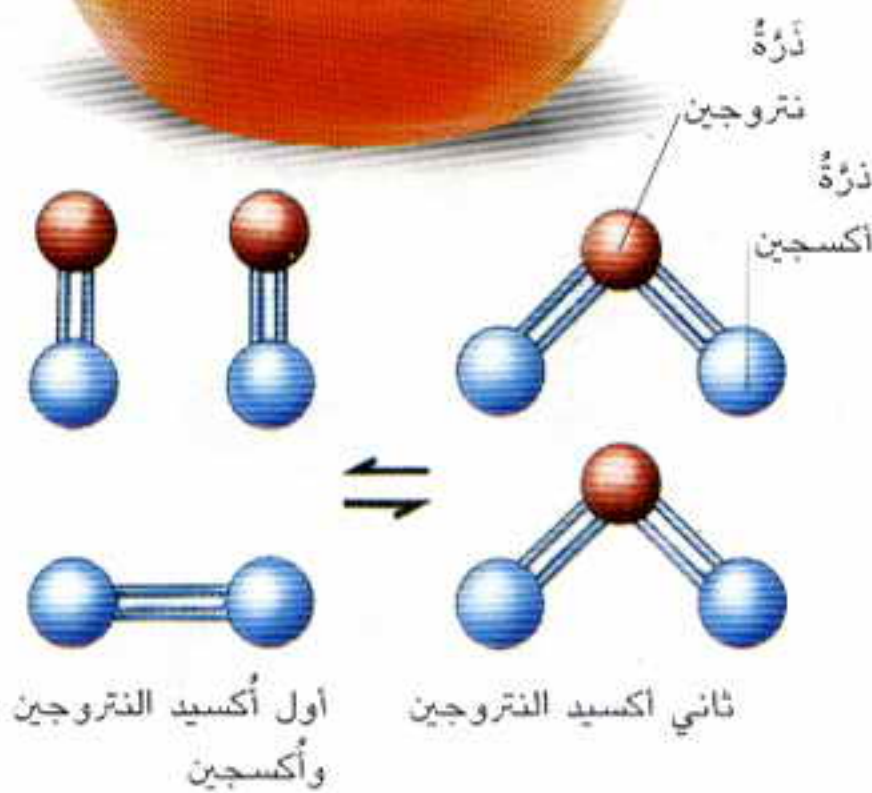
من العبت طبعاً تصنيع كتلة خشبية من الدخان والرماد اللذين نتجا عن احتراقها! فمعظم التفاعلات الكيماوية، كالاحتراق، تجري في اتجاه واحد فقط؛ وهي تفاعلات لا عكوسة - إذا ما حصلت فلا يمكن إعادة منتجاتها إلى ما كانت عليه. لكن هذا لا ينطبق على كل التفاعلات الكيماوية، إذ يمكن أحياناً عكس التغير الحاصل. فمثلاً، عندما تُضاف مادة قلوية، كصودا الغسيل، إلى عصير الملفوف الأحمر يتحول لونه إلى خضرة مُزرقة. وإذا أُضيف حامض، كالخل، إلى العصير المُخضر، يعود العصير إلى لونه الأحمر ثانية. إن تفاعلات كهذه هي تفاعلات عكوسة ذات اتجاهين - قَدْماً (كتحول العصير الأحمر إلى الخضرة) وعوداً (كتحول العصير الأخضر إلى الحُمرة)؛ وكلاهما في الواقع يحصلان معاً في الوقت نفسه، غير أن ظروف التفاعل قد تجعل أحدهما أسرع من الآخر.

حالة التوازن

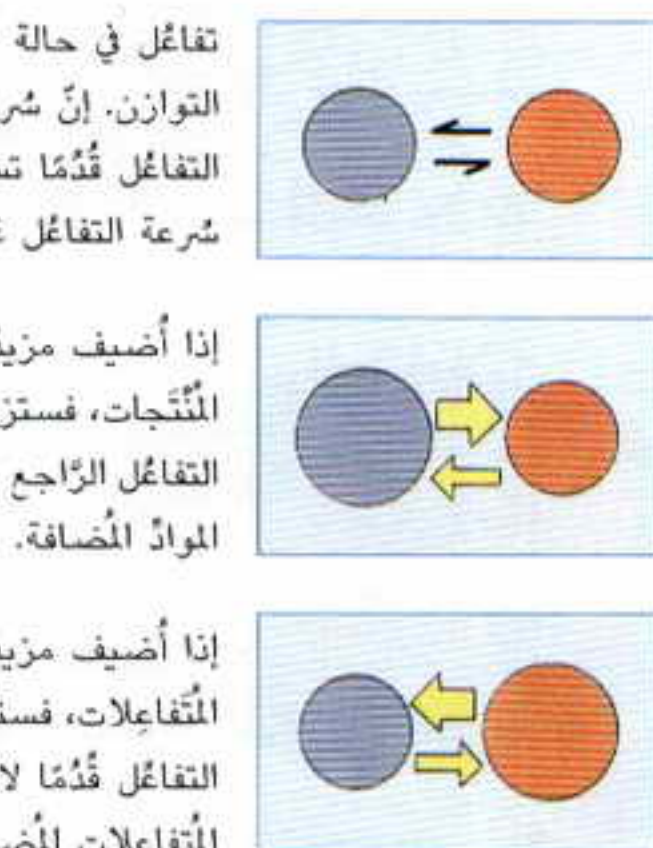
التفاعل العكوس يبدو بعد فترة كأنه متوقف؛ والحقيقة أن التفاعلين، قَدْماً وعوداً، مُستمران - لكن بالسرعة نفسها، أي أنهما في حال توازن كيماوي. وهذا يشبه واقع المِرْكُضَة (مكنة الركض) حيث تبقى في مكانك إذا ركضت بسرعة تعادل سرعة المكنة؛ وإذا تباطأت تجد نفسك في تراجع، وعليك أن تزيد من سرعتك لإعادة التوازن ثانية.



ثاني أكسيد النيتروجين
إذا سُخِّنَ غاز ثاني أكسيد النيتروجين البني اللون، يَبْهَتُ لَوْنُهُ تدريجياً حتى يصبح عَادِمَ اللون على درجة حرارة ٦٢٠° س. وذلك لأنه يتفكك إلى غازي أول أكسيد النيتروجين وأكسجين؛ وكلاهما عديم اللون. وعند التبريد يتعكس هذا التغير.



أول أكسيد النيتروجين وأكسجين ثاني أكسيد النيتروجين



تفاعل في حالة التوازن. إن سرعة التفاعل قَدْماً تساوي سرعة التفاعل عوداً.

إذا أُضيف مزيد من المُنتجات، فستزيد سرعة التفاعل الرَّاجع لاستنفاد المواد المُضافة.

إذا أُضيف مزيد من المُتفاعلات، فستزيد سرعة التفاعل قَدْماً لاستنفاد المُتفاعلات المُضافة.

مبدأ لوشاتلييه

إن أي تغير في درجة الحرارة أو الضغط أو التركيز، خلال تفاعل عكوس، يُغير سرعة التفاعل قَدْماً أو عوداً. فبال تبريد، مثلاً، تزداد سرعة التفاعل الطارد للحرارة، لإبطال أثر التبريد. وقد لُحِصَتْ هذه الظواهر في مبدأ لوشاتلييه - الذي ينص على أن «التغير الواقع على تفاعل في حال التوازن يؤدي إلى اتجاه التفاعل في المنحى الذي يُبطل تأثيرات ذلك التغير».

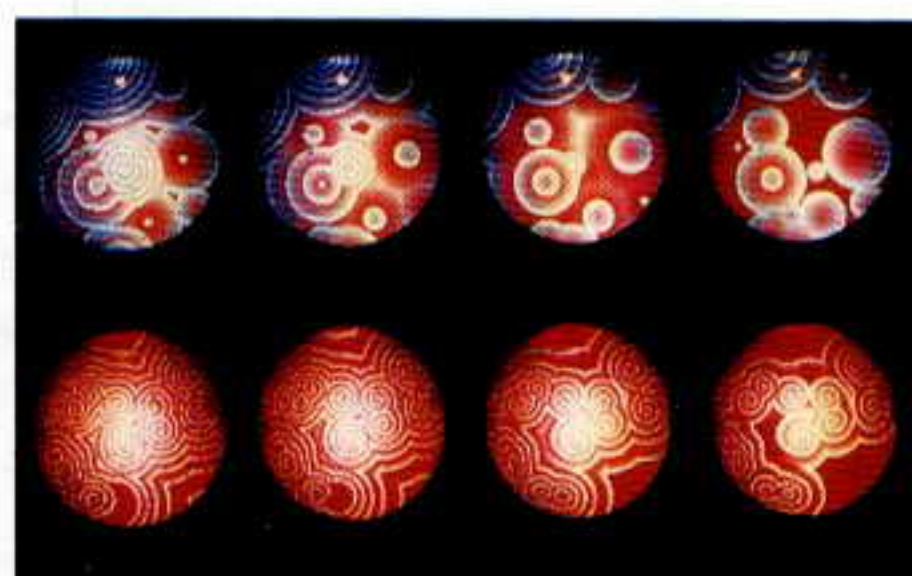


تغير لا عكوس

عندما يحترق الورق ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء وسناج. وهذه المُنتجات لا يمكن إعادةُها إلى ورق ثانية، لأن الاحتراق تفاعل لا عكوس.

الساعات الكيماوية

بعض التفاعلات العكوسة لا تستقر على توازن؛ فإذا ما ابتدأت تواصل تراجُعها إقبالاً وإدباراً. ويحدث هذا أحياناً تغيرات لونية مذهشة. ففي لحظة قد يكون المحلول أزرق، وفي اللحظة التالية يُصبغ أحمر اللون. وكون ترجح هذه التفاعلات يحدث في فترات زمنية مُنتظمة، فقد أطلق عليها اسم «الساعات الكيماوية».



أخذت هذه الصورة لاثنتين من تفاعلات «الساعات الكيماوية» على فترات بين الواحدة منها والأخرى دقيقة؛ وهي تُبين حركة التغيرات اللونية أثناء التفاعل.

لزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النيتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- سرعة التفاعلات ص ٥٥
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأمونيا ص ٩٠

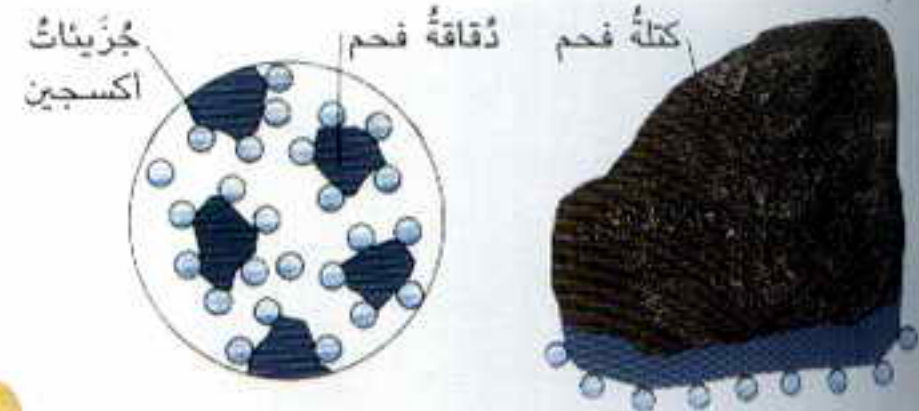
سرعة التفاعلات

تَحْصِلُ الانفجارات بِسُرْعَةٍ فائقة، أما التفاعلات الأخرى فأبطأ كثيراً - فقد لا يظهر الصداً على دراجة جديدة قبل عدة سنوات. في حياتنا اليومية كثيراً ما نرغب في تغيير سرعة تفاعل ما؛ فنحن نَضَعُ اللبن في الثلاجة لكي نَبْطِئَ سرعة اَحْمِضاضِهِ. كذلك يرغب الكيميائيون أيضاً في التحكم بِسُرْعَةِ التفاعلات - فالصناعيون منهم يودون تسريع التفاعلات لتخفيض التكاليف، أما العلماء البيثيون فيريدون تبطئة التفاعلات المُضِرَّةَ بالأرض. والعوامل التي يمكن أن تؤثر في سرعة التفاعل كثيرة، أهمها درجة الحرارة والضغط وتركيز المتفاعلات والضوء ومساحة السطح.



تفجّر الفحم

نظرة الفحم الكبيرة لا تتفاعل مع الهواء إلا بعد إشعالها؛ لكنّ مزيجاً من دُفاق الفحم والهواء يتفاعل بِسُرْعَةٍ مُتَفَجِّرَةٍ، كما في انفجارات المناجم. وذلك لأن المساحة القادرة على التفاعل في دُفاق الفحم كبيرة جداً.



تُطال جزيئات الأكسجين جسيمات الفحم السطحية فقط. في دُفاق الفحم، جسيمات الفحم المتاحة للتفاعل مع جزيئات الأكسجين كثيرة جداً.



«أوتزي» جثّة رجلٍ عمرها ٥٠٠٠ سنة، وُجِدَتْ محفوظة ضمن مَثلْجَةٍ ضخمة بين إيطاليا والنمسا عام ١٩٩١. والمُفْتَرَضُ أن يكون الجسد قد تحوّل إلى هيكلٍ عظمي بالي، لكنّ درجة الحرارة الخفيفة بَطَّأت انحلاله.

تأثير درجة الحرارة

تُسْرِعُ معظم التفاعلات بارتفاع درجة الحرارة. وذلك لأن طاقة الجسيمات المتفاعلة تزداد بارتفاع درجة الحرارة وتزداد سرعتها كذلك. وهكذا تزداد احتمالية ارتطام بعضها ببعض بمقدارٍ من الطاقة كافٍ لإحداث تفاعل. أما بانخفاض درجة الحرارة، فتَبْطِئُ جميع التفاعلات الكيميائية؛ وهذا هو سبب استخدام الثلاجات لحفظ الطعام.

تأثير الضوء

اللدائن الحُلُولَةُ حيويًا تَنَحَلُ في ضوء الشمس الساطع بِسُرْعَةٍ أكبر من انحلالها في خزان المطابخ. ذلك لأن بعض التفاعلات تُسْرِعُ بالضوء - إذ يُعَدُّ الضوء الجزيئات المتفاعلة بطاقةٍ تزيد من تحركها.



تأثير مساحة السطح

مساحة السطح لجسم جامد هي مجمل مساحة سطوحه الخارجية، وهذه تؤثر في سرعة التفاعل.

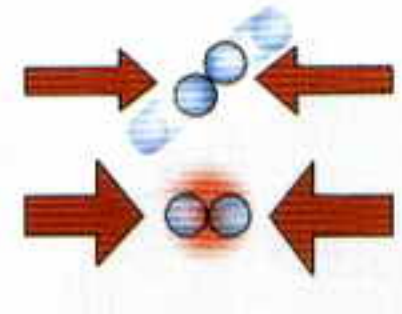
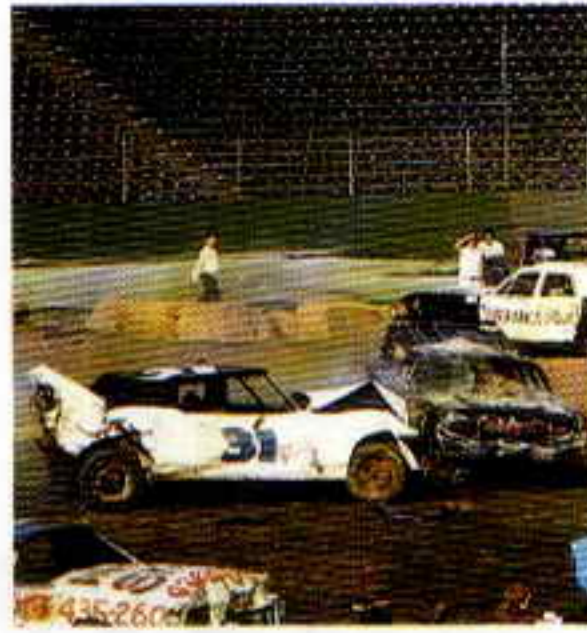
فشرائح البطاطا مثلاً، أسرع نُضْجاً عند القلي من القطع الكبيرة، لأن سطوح الجسيمات المعرّضة فيها للتفاعل مع الزيت الحار أكثر مساحةً بكثير.

تُنَضِّجُ البطاطا عادةً مغمورةً في زيت المقلّة. والمعروف أن قطع البطاطا الكبيرة يلزمها وقت أكثر بكثير من الشرائح. فهذه تنضج في ثوانٍ لأن نسبة مساحة السطح إلى الحجم فيها أكبر بكثير.



نظرية التصادم

يُحْصِلُ التفاعل الكيميائي حينما تصادم الجسيمات المتفاعلة فيما بينها بقوة (أو بطاقة) كافية (هي طاقة التنشيط) لتفكيك الروابط فيما بينها. وحسب نظرية التصادم هذه، فإن الجسيمات المتصادمة سترتد بعضها عن بعض إذا لم تتوافر لها الطاقة الكافية. وهذا مثل لما يحدث في سباق السيارات القديمة؛ فالسيارتان المتباريتان لن تُحدثا العطب المتوقع ما لم ترتطما بقوة كبيرة جداً.



إذا تجابه جسييمان، فقد يرتدّان بدون تفاعل، إلا إذا كان التصادم بقوة كافية لإحداث تفاعل كيميائي.

تأثير التركيز

إذا أردت صنع مادة ما بسرعة، فعليك استخدام محلول صباغ شديد التركيز. ففي المحلول المركز، كثير جداً من جسيمات الصباغ المُدَايَةِ لِتَصَادَمٍ مع المادة وتُسَبِّبُ التفاعل. أما في المحلول المُخَفَّفِ الحاوي قلة من جسيمات الصباغ، فسرعة التفاعل، بالتالي، بطيئة. وللسبب نفسه، فإن عملية الاحتراق في هواء عالي المحتوى الأكسجيني سريعة جداً.



تأثير الضغط

جسيمات الغاز مُتَبَاعِدَةٌ كثيراً؛ لكنها بزيادة الضغط تتقارب، وتزداد احتمالية تصادمها لإحداث تفاعل فيما بينها. وفي الأوتوكلاف (المُوصَّدة) يُسْتخدَمُ الضَّغْطُ العالي لتعقيم الأشياء بالبُخار بِسُرْعَةٍ كبيرة.

لمزيد من المعلومات انظر

- النظرية الحركية ص ٥٠
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- الحفّازات ص ٥٦
- المحاليل ص ٦٠
- صناعة الكيماويات ص ٨٢

الحفازات

تُخَفِّضُ الحَفَازَاتُ طَاقَةَ
التَنَشِيطِ اللَّازِمَةَ لِلتَّفَاعُلِ.



مَسَارُ التَّفَاعُلِ

تُسَرِّعُ الحَفَازَاتُ التَّفَاعُلَ بِتَوْفِيرِهَا مَسْلَكًا
أَسْهَلَ لِمَسَارِهِ. تَخِيلْ سَبَاقًا لِلدَّرَاجَاتِ حَيْثُ
يُكَافِئُ أَحَدُ الْفَرِيقَيْنِ لِنَجَاوِزِ قِمَّةِ رِبْوَةٍ
صَعُودًا، بَيْنَمَا يَذْرُجُ الْفَرِيقُ الْآخَرُ نَزُولًا فِي
الْمُنْحَدَرِ دُونَ عَنَاءٍ. فَالْمَسْلُكُ الرَّبُّوِيُّ
الْأَكْمَرُ يُمَثِّلُ طَرِيقَ التَّفَاعُلِ الطَّبِيعِيِّ، بَيْنَمَا
يُمَثِّلُ الْمُنْحَدَرُ الْمَسَارَ الَّذِي يُوفِّرُهُ الْحَفَازُ.



فِي الصُّورَةِ أَعْلَاهُ مَجْمُوعَةٌ مِنَ الْحَفَازَاتِ
الْمُخْتَلِفَةِ، الْمُتَبَايِنَةِ الشَّكْلَ وَالْحَجْمَ، لَكِنَّهَا
جَمِيعُهَا كَبِيرَةٌ الْمَسَاحَةِ السُّطْحِيَّةِ دَائِمًا.

الميثانول

الْمِثَانُولُ، أَوْ الْكُحُولُ الْمِثْلِيُّ، سَائِلٌ صَافٍ
يُمْكِنُ خَزَنُهُ فِي قَوَارِيرَ مِثْلَ عَامِرٍ بِدُونِ أَنْ
يَتَغَيَّرَ. لَكِنَّهُ إِذَا أُمِرَ فَوْقَ حَافِزٍ مِنَ الرَّبُّوْلِيَّتِ
الْمُخَمَّى، يَتَحَوَّلُ فَوْرًا، بِتَّفَاعُلٍ كِيمَاوِيٍّ
لَا فِتْ، إِلَى بَنْزِينٍ. وَيُسْتَخْدَمُ هَذَا التَّفَاعُلُ
الْمُهِّمُ اقْتِصَادِيًّا فِي نِيُورِلَنْدَا



بَنْزِينٌ

ميثانول

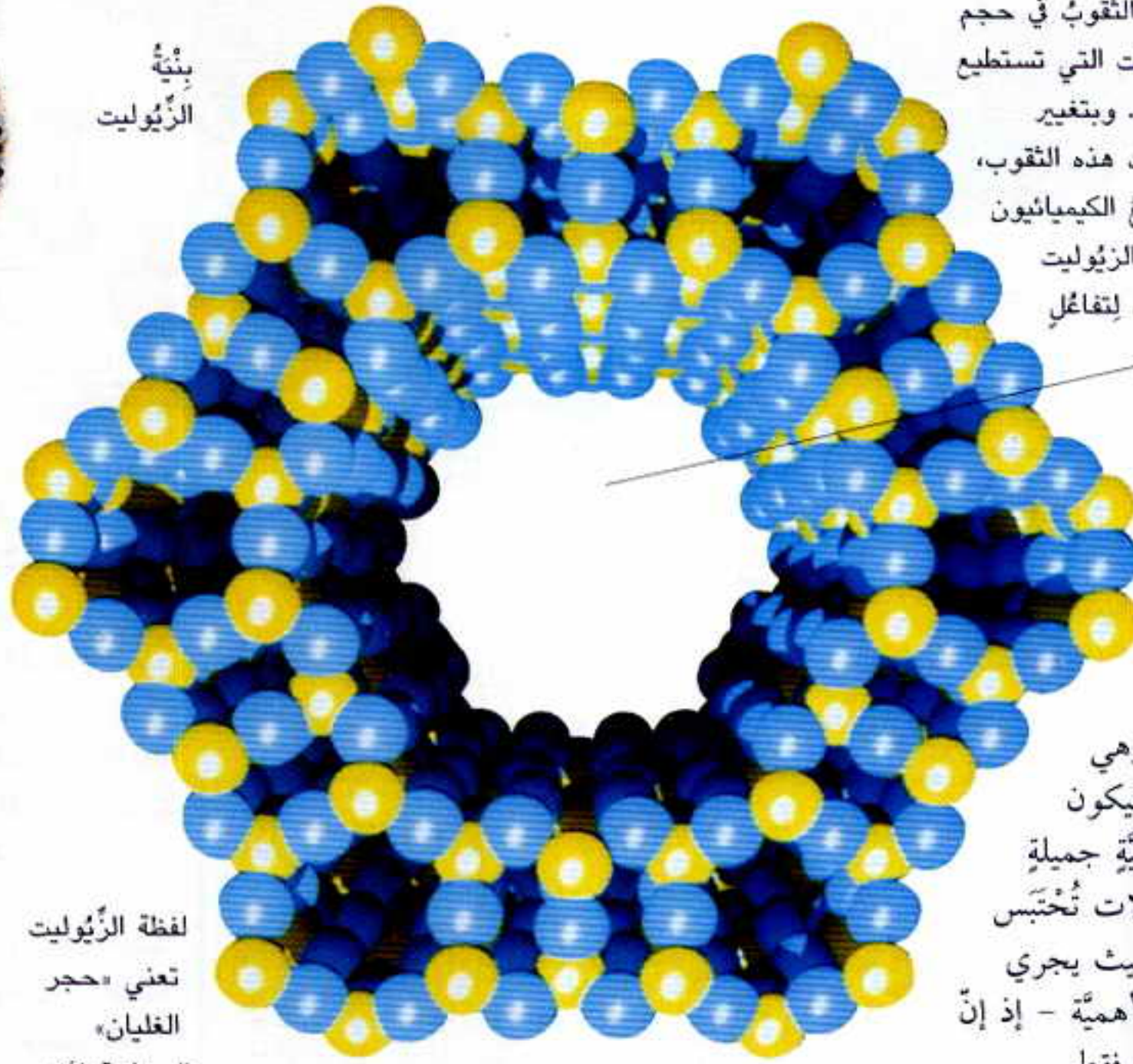
الْخَلَايَا الْوَقُودِيَّةُ

تُسْتَخْدَمُ الْخَلَايَا الْوَقُودِيَّةُ فِي الْعَرَبَاتِ الْفَضَائِيَّةِ حَفَازًا
فَلْزِيًّا، هُوَ الْبَلَاتِينُ غَالِبًا، لِتَحْوِيلِ مَخْزُونِهَا مِنَ
الْهَيْدُرُوجِينِ وَالْأَكْسِجِينِ إِلَى مَاءٍ. وَهَذَا التَّفَاعُلُ
يُولِّدُ طَاقَةً كَهْرَبَائِيَّةً تُغْمِدُ أَجْهَزَةَ الْعَرَبَةِ بِالْقُدْرَةِ،
وَفِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ يُتَبَجُّ مَاءٌ يَفِي بِحَاجَةِ الطَّاقَمِ
لِلشَّرْبِ وَالْغَسِيلِ وَإِعَادَةِ إِمَاهَةِ الطَّعَامِ. وَهَكَذَا
تَرَى أَنَّهُ حَتَّى رَوَادُ الْفَضَاءِ يَعْتَمِدُونَ عَلَى
الْحَفَازَاتِ.



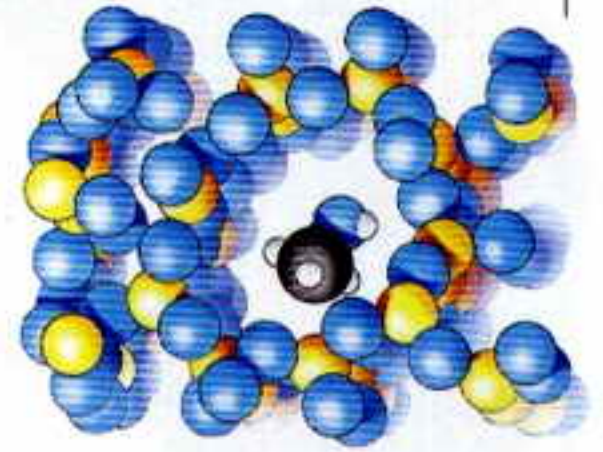
لَفْظَةُ الرَّبُّوْلِيَّتِ
تَعْنِي «حَجَرِ
الْغَلْيَانِ»
بِالْيُونَانِيَّةِ لِأَنَّهُ
عِنْدَ إِحْمَائِهِ يُطْلَقُ الْمَاءُ مِنْ مِلَايِينَ
الْأَقْنِيَةِ الدَّقِيقَةِ بِدَاخِلِهِ (وَيَصْبَحُ
حَفَازًا شَدِيدَ الْفَعَالِيَّةِ).

بُنْيَةُ
الرُّبُولِيَّتِ



تَتَحَكَّمُ الثُّقُوبُ فِي حَجْمِ
الْجُزْئِيَّاتِ الَّتِي تَسْتَطِيعُ
الدَّخُولَ. وَبِتَغْيِيرِ
مَقَاسَاتِ هَذِهِ الثُّقُوبِ،
يَسْتَطِيعُ الْكِيمِيَاءِيُّونَ
تَخْلِيقَ الرَّبُّوْلِيَّتِ
الْمُنَاسِبِ لِتَّفَاعُلٍ
مُعَيَّنٍ.

جُزْئِيَّةٌ مُتَّفَاعِلَةٌ مُخْتَبَسَةٌ فِي
ثَقْبِ الرَّبُّوْلِيَّتِ



الرُّبُولِيَّتَاتِ

الرُّبُولِيَّتَاتُ طَائِفَةٌ مُدْهَشَةٌ مِنَ
الْحَفَازَاتِ تَوْجَدُ طَبِيعِيًّا فِي الصُّخُورِ
الْبُرْكَانِيَّةِ؛ كَمَا يُمْكِنُ تَصْنِيعُهَا أَيْضًا. وَهِيَ
تَتَأَلَّفُ عَادَةً مِنْ ذَرَاتِ الْأَلُومِينِيُومِ وَالسَّلِيْكُونِ
وَالْأَكْسِجِينِ مُتَرَابِطَةً مَعًا فِي بُنْيَةٍ نُخْرُوبِيَّةٍ جَمِيلَةٍ
تَحْوِي مِلَايِينَ الثُّقُوبِ. فِخْلَالِ التَّفَاعُلَاتِ تُخْتَبَسُ
الْجُزْئِيَّاتُ الْمُتَّفَاعِلَةُ فِي هَذِهِ الثُّقُوبِ حَيْثُ يَجْرِي
تَفَاعُلُهَا. إِنَّ حَجْمَ الثُّقُوبِ أَمْرٌ بِالْغَلْيِ الْأَهْمِيَّةِ - إِذْ إِنَّ
ذَلِكَ يَسْمَحُ لْجُزْئِيَّاتٍ مِنْ حُجُومٍ مُعَيَّنَةٍ فَقَطْ
بِالدَّخُولِ لِإِجْرَاءِ التَّفَاعُلِ الْكِيمَاوِيِّ.

الْثُّقُوبُ فِي مِلْعَقَةٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الرَّبُّوْلِيَّتِ تَوْفِّرُ
مِسَاحَةً تَفَاعُلٍ تُعَادِلُ مِسَاحَةَ مِلْعَقَتَيْنِ لِكُرَةِ الْقَدَمِ.

مِسَاحَةُ السَّطْحِ

تَعْمَلُ مُعْظَمُ الْحَفَازَاتِ بِتَقْرِيبِ الْمُتَّفَاعِلَيْنِ
وَاحِدَهُمَا إِلَى الْآخَرِ عَنْ طَرِيقِ تَشْكِيلِ
رَوَابِطٍ مُوقَّتَةٍ مَعَ أَحَدِهِمَا أَوْ كِلَيْهِمَا.
لِذَا فَمِنْ الْمُهِّمِ جَدًّا أَنْ يَكُونَ الْحَفَازُ ذَا
مِسَاحَةِ سَطْحٍ كَبِيرَةٍ لِأَنَّ هَذَا السَّطْحَ هُوَ
الْمَكَانُ الَّذِي تَجْرِي فِيهِ التَّفَاعُلَاتِ.
فَمَثَلًا، مِسَاحَةُ الثُّقُوبِ فِي مِلْعَقَةٍ كَبِيرَةٍ
مِنَ الرَّبُّوْلِيَّتِ تُعَادِلُ مِسَاحَةَ مِلْعَقَتَيْنِ
مُجْتَمِعَتَيْنِ لِكُرَةِ الْقَدَمِ.

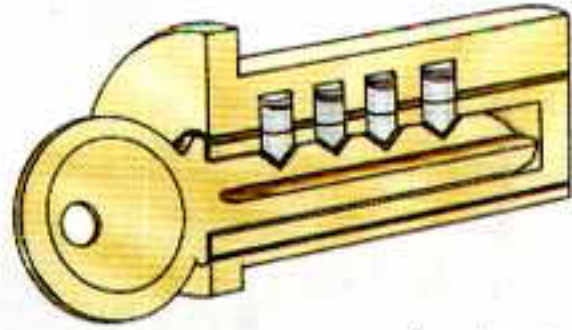


الأنزيمات

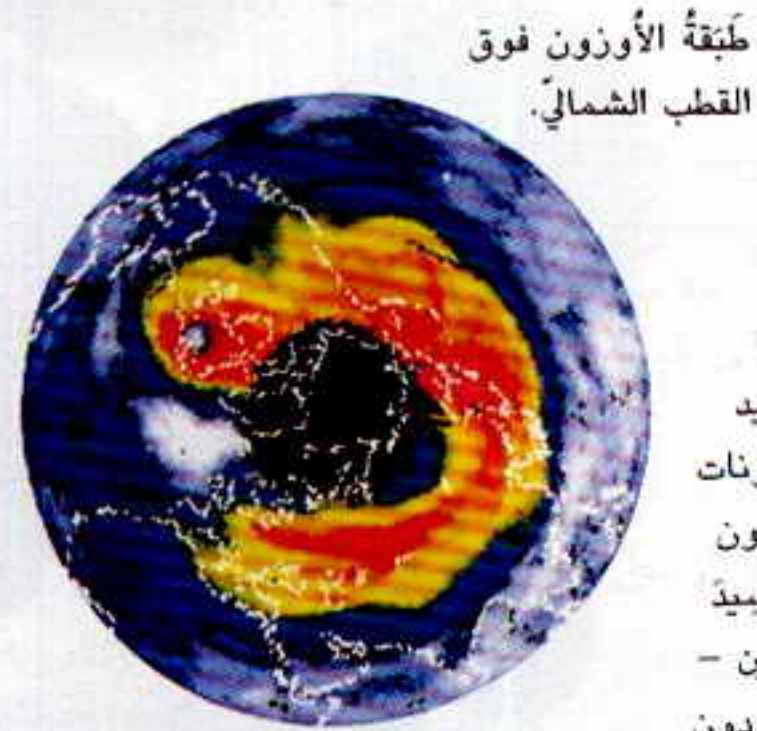
تنتج الطبيعة حفازات حيوية رائعة هي الأنزيمات، التي بدونها كانت تصبح آلاف التفاعلات في الجسم البشري من البطء بحيث يستحيل استمرار الحياة. تحفز الأنزيمات في أجسامنا انحلال الطعام وتساعد في تخليق كيماويات مهمة كالبروتينات. كما تستخدم الأنزيمات اليوم أيضا لتصنيع الأدوية ومساحيق الغسيل وعصير الفاكهة.



الأنزيم، بخلاف غيره من الحفازات، يخفّر نوعا معينا من التفاعلات. فكما المفتاح الصحيح فقط يلائم قفلا معينا، كذلك يجب أن تتلاءم الجزيئات المتفاعلة بدقة مع جزيء الأنزيم.



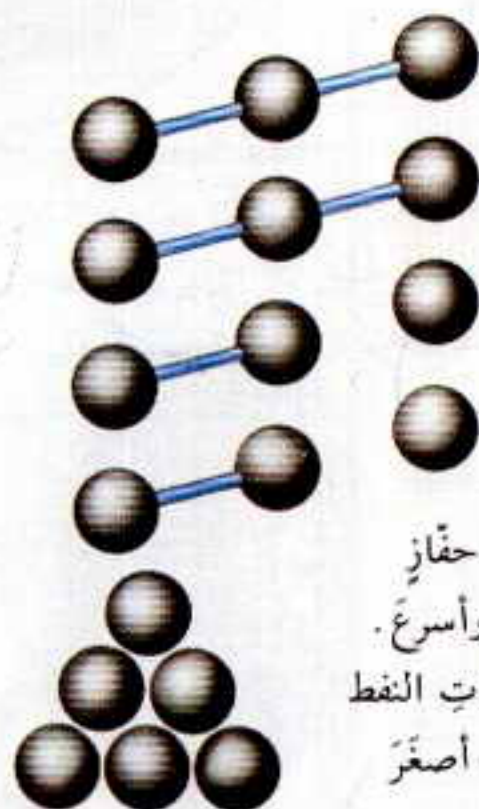
مساحيق الغسيل الأنزيمية
تحتوي مساحيق الغسيل البيولوجية حفازات أنزيمية تساعد في تفكيك البقع وإزالتها. وهذه المساحيق غير فعالة في الماء الحار لأن درجات الحرارة العالية تقتل الأنزيمات.



حفاز انحلال الأوزون

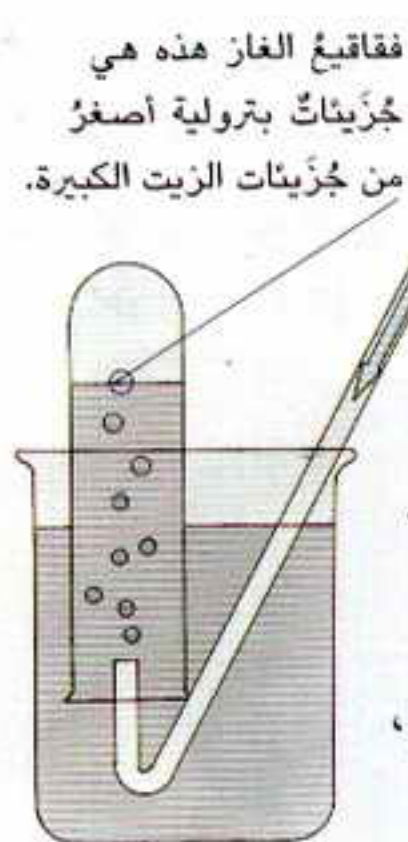
الكُلُور الناتج عن تفكك الغازات الكربونية، المهلجنة بالكُلُور والفُلُور، هو الحفاز الفعّال في إحالة الأوزون إلى أكسجين في طبقات الجو العليا. وككل الحفازات، يبقى الكلور على حاله في نهاية التفاعل، فيتابع تفكيك المزيد من الأوزون. وهذا هو سبب الثقب الخطير في طبقة الأوزون في أعالي الجو.

يُحِلُّ المَحْوَلُ أَوَّلَ أكسيد الكربون والهيدروكربونات إلى ثاني أكسيد الكربون وماء؛ كما يُحوِّلُ أكاسيد النيتروجين إلى نيتروجين - فتنتطلق المنتجات إلى الهواء دون ضرر يُذكر.



التكسير بالحفّز

الجزيئات المولدة من سلاسل طويلة من ذرات الكربون تصبح أكثر إفادة إذا ما أُخِمت وفُلّقت إلى قطع أصغر. إن عملية التكسير هذه تتطلب درجات عالية جدًا من الحرارة؛ لكنها باستخدام حفاز كالزئوليت، تصبح أسهل وأسرع. وهكذا يمكن تحويل جزيئات النفط الخام الكبيرة إلى جزيئات أصغر أكثر إفادة كجزيئات البنزين.

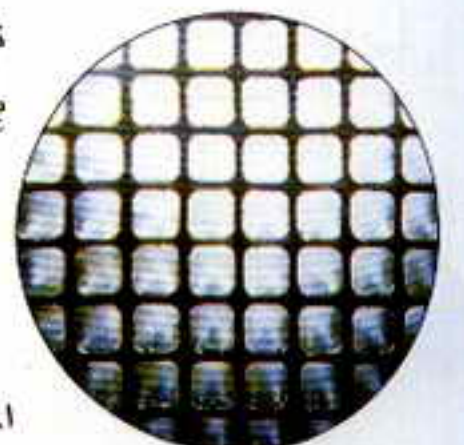


فلهلم أوستوولد

فلهلم أوستوولد (١٨٥٣-١٩٣٢) كيميائي ألماني، أجرى أبحاثًا حول الحفازات في وقت كانت فيه فكرة إيجاد مادة كيماوية تُغيّر سرعة تفاعل ما مُثيرةً للتهكم. غير أنه ثابر على عمله ويُن للعلم الأهمية الفائقة للحفازات بتطويره طريقة لتحويل الأمونيا إلى حامض النتريك. وفي عام ١٩٠٩، مُنح جائزة نوبل للكيمياء.

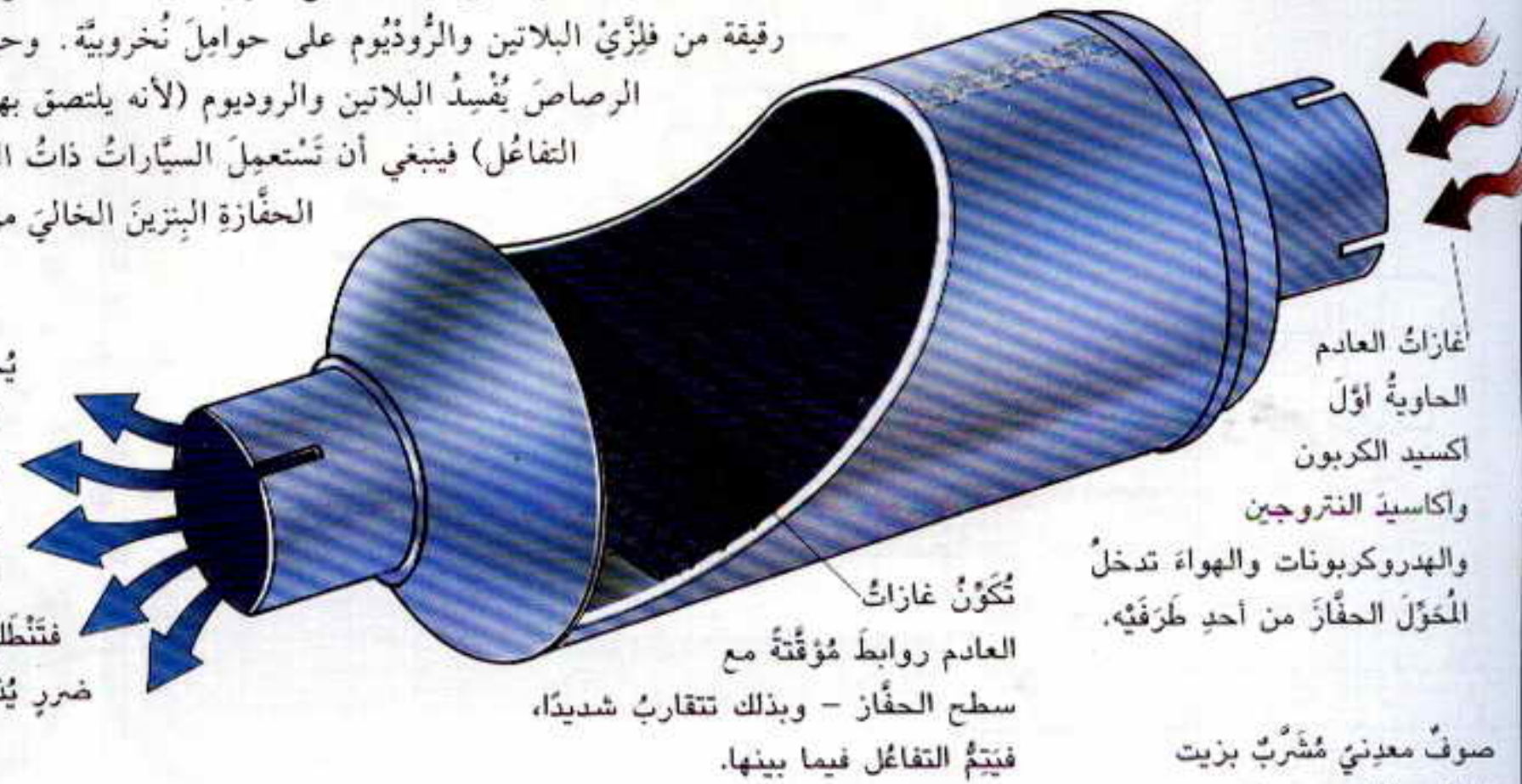


توجد داخل المحوّل بنيةٌ تُخروبيّةٌ مطليّةٌ بطبقة رقيقة من فلزيّ البلاتين والروديوم - وهما عُنصرَا الحفّز في المحوّل.

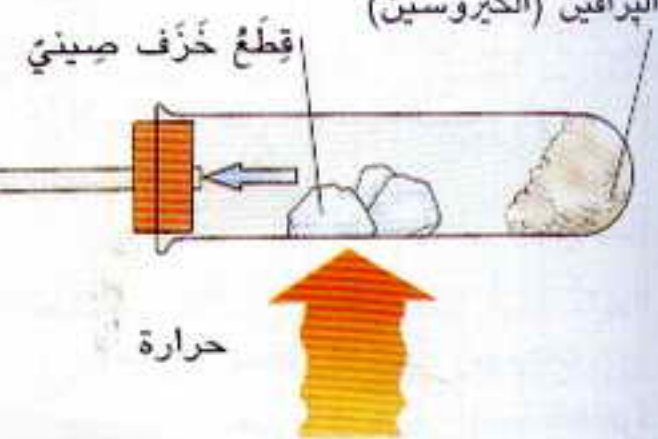


المحوّل الحفّاز

تحتوي بعض السيارات محوّلًا حفّازًا. هذا المحوّل يُحِلُّ غازات العادم السامة الملوّثة للهواء إلى غازات أقل ضررًا. ويتألف المحوّل من طبقات رقيقة من فلزيّ البلاتين والروديوم على حواملٍ نُخروبيّة. وحيث إنّ الرصاص يُفسد البلاتين والروديوم (لأنه يلتصق بهما ويمنع التفاعل) فينبغي أن تستعمل السيارات ذات المحوّلات الحفّازة البنزين الخالي من الرصاص.



صوف معدنيّ مُشربّ بزيت الهرافين (الكروسين)



التكسير في المختبر

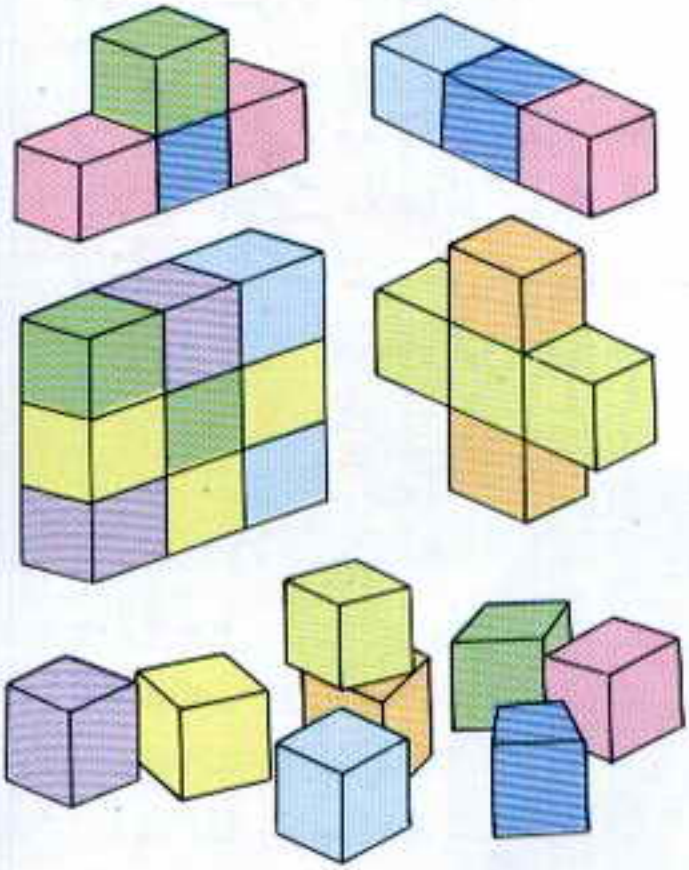
يمكن استخدام قطع الخزف الصيني كحفاز لتفكيك زيت الهرافين؛ ويعرف هذا التفاعل بالتكسير. فإذا أُحمي الصوف المعدنيّ المُشربّ بزيت الهرافين في أنبوب اختبار بحيث يمرّ الزيت فوق الخزف الصيني، فإنّ روابط جزيئات الزيت الكبيرة تتفكك وتتكوّن جزيئات غازية أصغر وأخفّ يمكن تجميعها.

لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- سرعات التفاعل ص ٥٥
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- منتجات النفط ص ٩٨
- الهضم ص ٣٤٥

المركبات والمزيجات

قلما تتواجد العناصر حرة في الطبيعة؛ فمعظم المواد تتألف من عنصرين أو أكثر ترابطت ذراتها بطرق وتفاعلات كيميائية مختلفة لتكوّن المركبات. وهذه من العسير جدًا فصلها بعد ذلك إلى مقوماتها. جزيء الماء، مثلاً، يتألف من ذرتي هيدروجين متحدتين مع ذرة واحدة من الأكسجين. إن اتحاد العناصر كيميائياً لتكوين المركبات يختلف اختلافاً جذرياً عن مجرد مزج المواد معاً للحصول على مزيج - حيث تختلط العناصر أو المركبات المختلفة دونما تفاعل كيميائي، كماء البحر الذي هو مزيج من الماء وبعض المركبات كملح الطعام. تمتزج المواد لتكوين المزيج بأي نسبة وتحتفظ المقومات بخواصها، بخلاف مقومات المركب؛ لذا يمكن فصل المزيجات إلى مكوناتها المختلفة بطرق سهلة.



كُتْلُ البناء

كما تُستخدم حروف الهجاء في بناء ملايين الكلمات، هكذا تُستخدم العناصر في تكوين ما لا يحصى من المركبات المختلفة. فالعناصر هي كُتْلُ البناء الطبيعية المستخدمة في تكوين الكثير الكثير من البنى الكيميائية المختلفة.

الحديد والكبريت

في مزيج من برادة الحديد والكبريت نَظَلُ الذرات مُفَصَّلة، ويحتفظ كلٌّ من الحديد والكبريت بخواصه المُمَيَّزة. أما عند إحماء المزيج، فيحصل تفاعل كيميائي يُنتِجُ مُركَّباً أسوداً هو كبريتيد الحديد. وهذا المركب يحوي ذرات الحديد مترابطة كيميائياً مع ذرات الكبريت؛ وهو ذو خصائص مختلفة تماماً عن خصائص المزيج أو مكوناته منفردة.



عندما تمتزج برادة الحديد مع الكبريت، يَظَلُّ بإمكانك مشاهدة دقائق الحديد السوداء في مسحوق الكبريت الأصفر.



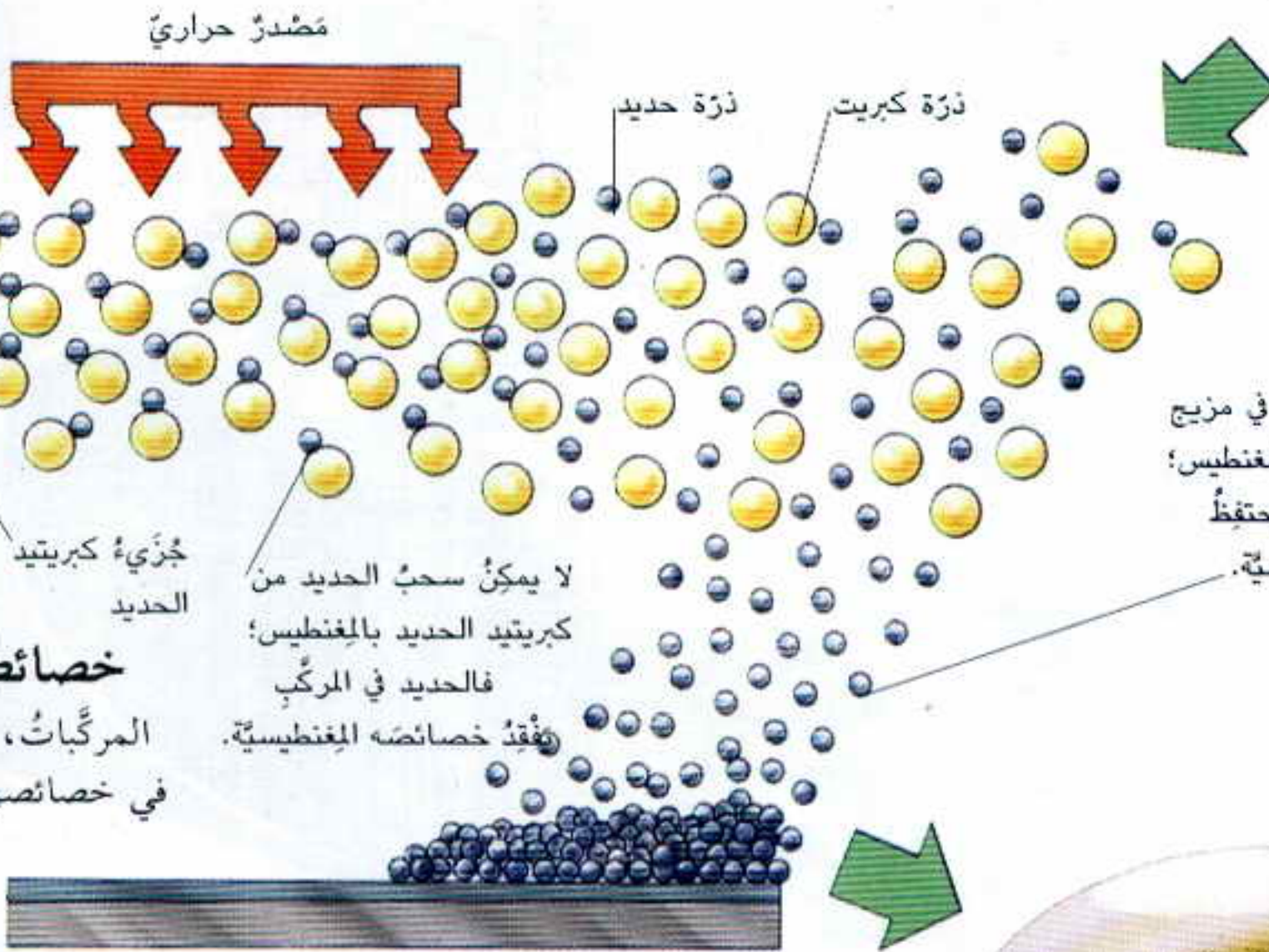
كبريتيد الحديد مركب أسود براق، تختلف خصائصه عن خصائص العنصرين اللذين تألف منهما.

خصائص المركبات والمزيجات

المركبات، ككبريتيد الحديد، تختلف اختلافاً جذرياً في خصائصها عن خصائص العناصر التي تتألف منها؛ لكن المزيج يحتفظ بخصائص

المواد التي يحتويها. وهكذا فإن فصل المركب إلى عناصره أمر صعب، إذا لم

يكن مستحيلاً أحياناً؛ بينما يمكن فصل المزيج إلى مقوماته بسهولة تامة، كفصل برادة الحديد بالمغناطيس في مزيج الحديد والكبريت. كذلك فإن المركب يحوي دائماً نسباً ثابتة من العناصر التي تؤلفه - فكبريتيد الحديد (ح ك ب) يحوي دائماً جزءاً واحداً من الحديد للجزء الواحد من الكبريت. أما في المزيج، فيمكن أن تتغير نسب المواد المختلفة التي يتألف منها.



يمكن فصل الحديد في مزيج الكبريت والحديد بالمغناطيس؛ فالحديد في المزيج يحتفظ بخصائصه المغناطيسية.

في المزيج، يمكن فصل برادة الحديد عن الكبريت باستخدام المغناطيس.

اللدائن مركبات معظم مقوماتها من الهيدروجين والكربون.

هناك مركبات ومزيجات عديدة في منظر المدينة الظاهرة في الصورة.

الزجاج مركب من السليكون والأكسجين.

هياكل السيارات مصنوعة من مزيجات فلزية تدعى سبائك.



قانون النسب الثابتة

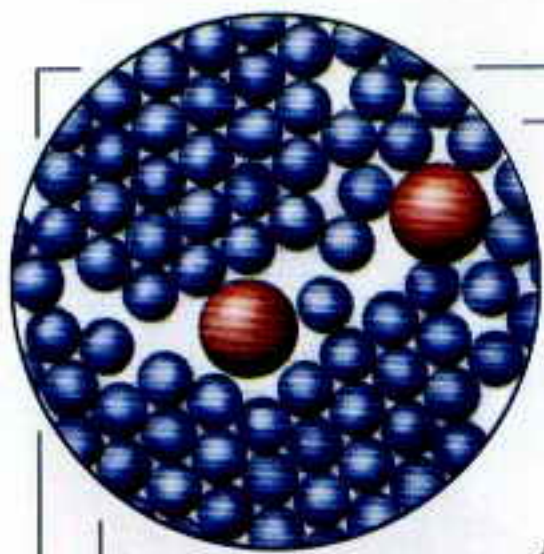
يلح الطعام (كلوريد الصوديوم، ص كل) مركب يتواجد في ماء البحر ومناجم الملح، ويمكن تحضيره في المختبر. لكنه يبقى الملح ذاته المركب جزيئاً من ذرة واحدة من الصوديوم وذرة واحدة من الكلور. ويُصن قانون النسب الثابتة على أن «كل مركب نقي يحوي دائماً العناصر نفسها بنسب ثابتة بالوزن».



جوزيف لوي بروس

كان الكيميائي الفرنسي، جوزيف - لوي بروس (1754-1826)، مؤلفاً بتحليل كل ما يقع في متناوله. فاكشف أن نسب العناصر في أي مركب هي دائماً ثابتة. ولم يرق ذلك لعلماء عصره، لمخالفته مفاهيمهم لكن بروس كان على حق - فقد اكتشف قانون النسب الثابتة.

التفاعلات



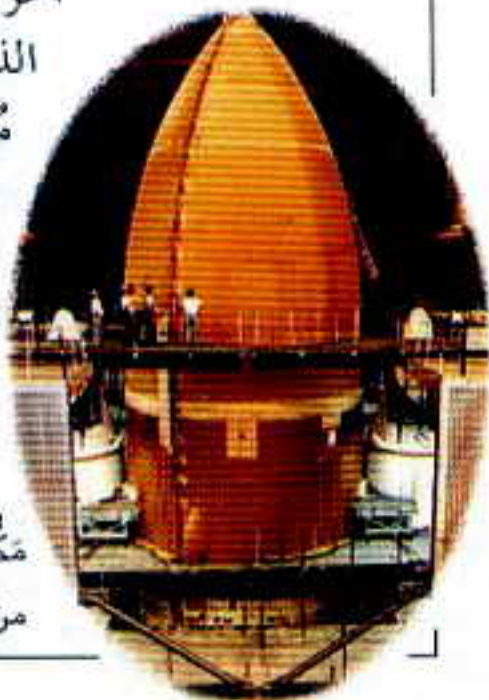
السبائك

بعض الأجسام،
كالعربات الفضائية،
تُصنع بالضرورة من
مواد خفيفة ومتينة؛

والفلزات النقية لا تحقق
هذه المواصفات. لذا
تُستخدم مزيجات من
الفلزات تُدعى السبائك -

وهي تُصنع بإضافة كمية قليلة من فلز نقي إلى فلز
آخر. وحيث إن شكل
الذرات في الفلز المضاف
مختلف، فإنها تُغيّر بنية
الفلز الأصلي وتجعله
أمتن وأقوى على
الشيء.

مكوّن الفضاء هذا مصنوع
من سبيكة تيتانيومية.



في تثبيطة السلطة،
يطفو الزيت فوق
الخل - كونهما
سائلين لامرّوجين.

الجعة مزيج من
سائلين مرّوجين هما
الكحول والماء - فلا
يُفصلان إلى طبقتين.

الجل الشعري مزيج من جامد
ودهن وماء. فالدهن يحتبس
الماء ويمنعه من الحركة.

الطحين يشكل مُستعلقًا مع
الماء عند مرّجهما معًا. في
المواد الغروانية تكون
الجسيمات المُستعلقة
صغيرة جدًا.



تُخاض البخور مزيج من
دقائقه الغبارية الجامدة مع
الهواء.

الخبز مزيج
من جامد وغاز.

رغوة
الجلافة
مزيج من
سائل وغاز.

في
المشروبات الأرزاء غاز، هو
ثاني أكسيد الكربون،
مذاب في السائل.

أنواع المزيجات

يُمكن مرّج الجوامد والسوائل
والغازات بتوليفات ونسب
مختلفة. وتأخذ مزيجات
السوائل أشكالًا متعددة؛ فالماء
والكحول مرّوجان، أي
يمتزجان بسهولة. أما السوائل
اللامرّوجة، كالخل والزيت،
فيطفو أحدها (الزيت) فوق
الآخر. لكن بإضافة عامل
استحلاب (مُستحلب)، تستعلق
قطرات الزيت في الخل لتكوّن
مزيجًا يُدعى مُستحلبًا.
والمايونيز هو مُستحلب من
الزيت والخل، والمُستحلب فيه
هو مُخ (صفار) البيض.

التخليق والتفكيك

كثيرًا ما يُركّب الكيميائيون جزيئات أكبر، وأكثر إفادة، من
جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتخليق. لكنهم أحيانًا
يجدون ضرورة لفعل عكس ذلك - فيحلّلون جزيئات كبيرة
إلى جزيئات صغيرة؛ ويُعرف هذا بالتفكيك.

الكلور غاز أخضر
اللون سام.

يتحد الصوديوم مع
الكلور فينتجان كلوريد
الصوديوم، أي ملح
الطعام.

تكوين المركب

تختلف المركبات
اختلافًا جذريًا عن العناصر
التي تولّفها. فملح الطعام،
المعروف بالخصائص، مركّب

من الصوديوم والكلور - علمًا أن الصوديوم فلز خطير التفاعلية مع الهواء
والماء (لذا يُخفظ في الزيت)، والكلور غاز أخضر اللون شديد التفاعلية
وسام إذا استنشق بكميات كبيرة. لكن عندما تتحد ذرات الصوديوم مع
ذرات الكلور تفقد خصائصها الخطرة والسامة - مُكوّنة مركبًا جديدًا هو
كلوريد الصوديوم أي ملح الطعام المألوف.

النقاوة

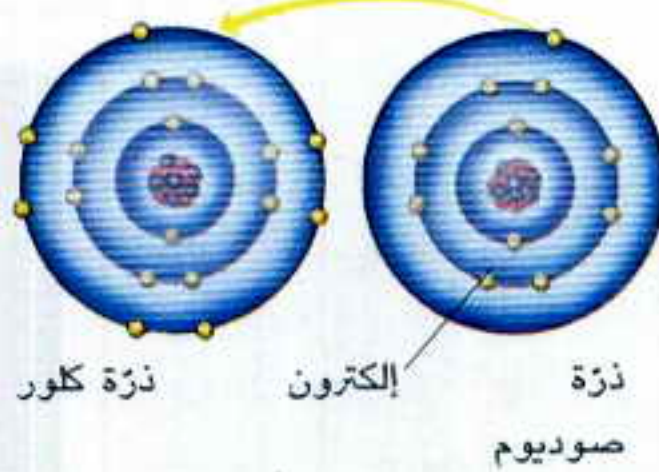
المواد النقية كيميائيًا تحوي نوعًا واحدًا من
الذرات أو الجزيئات فقط. فالذهب النقي
يتألف من ذرات الذهب ولا شيء سواه. وتوصف
بعض المشروبات أحيانًا بأنها «عصير نقي» -
بمعنى أنها لا تحوي أي مواد اصطناعية.
لكن الكيميائي لا يعتبر العصير مادة نقيّة،
بل خليط من مركبات متعددة كالماء
والسكر. فالمزيجات على العموم
ليست نقيّة، بخلاف المركبات التي
تحوي نوعًا واحدًا من الجزيئات.

رغم أن عصير البرتقال الطازج لا يحوي أي
إضافات، فالكيميائي لا يصفه بالنقاوة - لأنه
يحوي أكثر من
نوع واحد من
الجزيئات.



الصوديوم فلز
فضي رمادي
شديد التفاعلية.

تتخلّ ذرة الصوديوم عن إلكترون
واحد لذرة الكلور، فيُصبح في الغلاف
الخارجي لكل منهما ثمانية إلكترونات.



ذرة
كلور
إلكترون
صوديوم

مركبات مختلفة من العناصر نفسها

يُنتج النحاس والأكسجين مركبتين مختلفتين:
أكسيد النحاس (I)، وهو مسحوق أحمر بُني
يتألف بنسبة جزيئين من النحاس إلى جزء واحد من
الأكسجين، وأكسيد النحاس (II) الذي يتألف
بنسبة جزء واحد من
النحاس إلى جزء
واحد من الأكسجين
ولونه أسود رمادي.

أكسيد النحاس (I)
(نح ١)

أكسيد النحاس (II)
(نح ٢)

إلكترونات الانتقال

تتألف الذرة من نواة يدور حولها عدد من الإلكترونات
في مستويات أو غلافات متباعدة؛ وتكون الذرة أكثر
استقرارًا إذا احتوى غلافها الخارجي ثمانية إلكترونات،
وتكون متفاعلة وربما خطيرة بأقل من ذلك. ففي اتحاد
الصوديوم والكلور تُغيّر إلكترونات الانتقال مواقعها
ليُصبح الغلاف الخارجي لكل ذرة من الصوديوم
والكلور مُستقرًا. والمركب الناتج عن هذا الاتحاد هو
ملح الطعام المستقر واللامتفاعل.

فقط الذهب عيار ٢٤
قيرًا هو ذهب نقي.
أما الأقل من ذلك،
فمزيج من الذهب
وفلزات أخرى رخيصة.

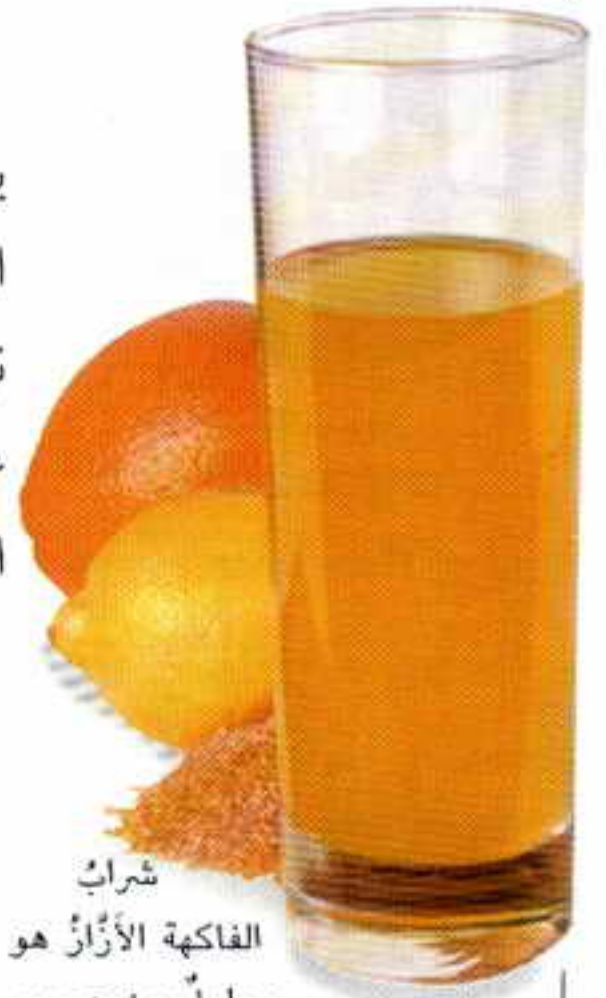
الذهب عيار ٩ قراريط
يحوي ٢٧٪ ذهبًا فقط.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- العناصر ص ٣١
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- التحليل الكيميائي ص ٦٢
- السبائك ص ٨٨
- مستحضرات التجميل ص ١٠٣

المحاليل



شراب
الفاكهة الأزرق هو
محلول من عصير
الفاكهة والسكر وثاني أكسيد الكربون.

يبدو ماء البحر صافياً، لكنه يحوي الكثير من المواد كالأملح وغازات الهواء وسواها مذابة فيه؛ فهو مثل على المحاليل التي هي مزيجات من نوع خاص تمتزج فيه الجزيئات المختلفة بالتساوي. وتُحضّر المحاليل عادةً بإذابة جامد في سائل، كإذابة السكر في الشاي؛ فالسكر يُدعى المذاب والشاي يُدعى المذيب. وهناك أنواع أخرى من المحاليل تكون فيها الجوامد والسوائل والغازات مذابات أو مذيبات. المحاليل المركزة تحوي كميات كبيرة من المذاب في مقدار معين من المذيب. فرب البرتقال، مثلاً، هو محلول مركز نشربه مخففاً بإضافة الماء.

محاليل لا سائلة

الهواء محلول غازي يحوي الأكسجين وغازات أخرى مذابة في النتروجين. وتُصنع السفن من سبائك هي محاليل جامدة من فلز مذاب في فلز آخر.

مذيبات مختلفة

بعض المواد لا تذوب في الماء. فبعض أنواع الغراء مثلاً، تستلزم مذيبات خاصة (تُدعى مذيبات عضوية) كالأسيتون، لإذابتها. فعندما يجف الغراء، يتبخر المذيب تاركاً وراءه جامداً لاصقاً يلزق السطحين معاً.

يدوب الهواء الذي يستنشقه الغطاسون في الدم مُكوّناً محلولاً. فإذا صعد الغطاس فجأةً إلى سطح الماء، ينطلق الهواء من المحلول مُكوّناً فقاعات هوائية في الدم. وهذه حالة خطيرة تُعرف بالثخني.



المحاليل المشبعة

يحوي البحر الميت في فلسطين، كميات كبيرة من الملح. وكلما زاد التبخر ليشدة الحر، تناقص كمية المياه فيما تبقى كميات الملح على حالها، فتترسب بلورات جامدة لعدم وجود متسع لكل الملح المذاب. عندما لا تعود المحاليل تتسع لمزيد من المذاب تكون قد أصبحت مشبعة.

لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- المواد المنصوفة ص ١٠٦

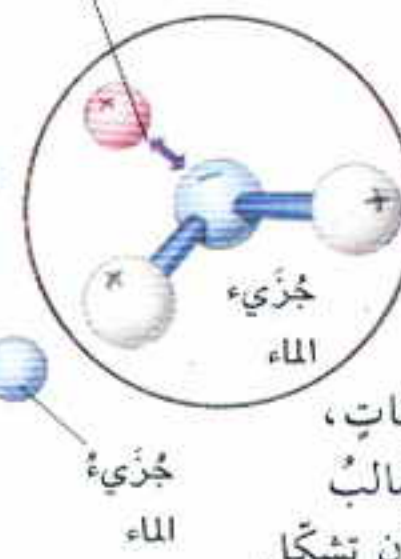
جوامد غير ذووية

المواد التي تذوب في الماء، كبعض الأملاح، تُدعى مواداً ذووية أو ذوابة فيه؛ بينما غير الذوابة، كالرمل والزيت، لا تذوب في الماء. وذلك لأن الماء لا يمكنه التغلب على القوى التي تربط جزيئات الرمل أو الزيت بعضها ببعض. فهذه الجزيئات تؤثر البقاء مترابطة فيما بينها على الانفصال عن بعضها والامتزاج مع جزيئات الماء.

الجزيئات المتجاذبة

تعتمد ذووية مادة ما على مدى التجاذب بين جزيئات المذاب وجزيئات المذيب. فالماء مذيب جيد لأن جزيئه ذو شحنة كهربائية ضئيلة تمكنه من تكوين روابط ضعيفة مع جسيمات مشحونة أخرى. بعض المركبات، كالأملح، تنحل في الماء إلى نوعين من الجسيمات المشحونة، تُسمى أيونات، أحدهما موجب الشحنة والآخر سالب الشحنة. وهذه الأيونات يمكنها أن تشكل روابط ضعيفة مع جزيئات الماء.

يتجذب أيون موجب الشحنة إلى طرف جزيء الماء السالب.



نستخدم الأسماك الكميات القليلة من الأكسجين المذابة في الماء لتعيش. إن الغازات المذابة في السوائل، على عكس الجوامد، تنطلق منها عند الإحما؛ لذا لا تستطيع الأسماك العيش في المياه المفرطة الدفء.



المذيب العام

اكتشف الكيميائيون، من خلال تجاربهم، طرقاً لتثقية الفلزات بتدويبها في بعض المذيبات. وهم جاهدوا، عبثاً، في البحث عن «مذيب عام» يُذيب كل شيء. ولو نجحوا، ثرى أين كانوا سيضعونه؟

فصل المزيجات

يستخدم الكيماويون أساليب تقنية مختلفة لفصل المزيجات، كالترشيح والتقطير والفرز بالطرد المركزي وغيرها. ويعتمد الأسلوب المستخدم على نوع المزيج وعلى خصائص المواد التي يتألف منها. وفي المنازل تستخدم مصفاة لترشيح أوراق الشاي؛ وإذا كانت أوراق الشاي من الحجم الكبير، فيمكن تركها لتستقر في قاع الكوب قبل أن يشرب الشاي. ويعرف هذا النوع من فصل المزيجات بالترويق والتصفيق.



المادة المراد بقاؤها جافة
السليكا
جل

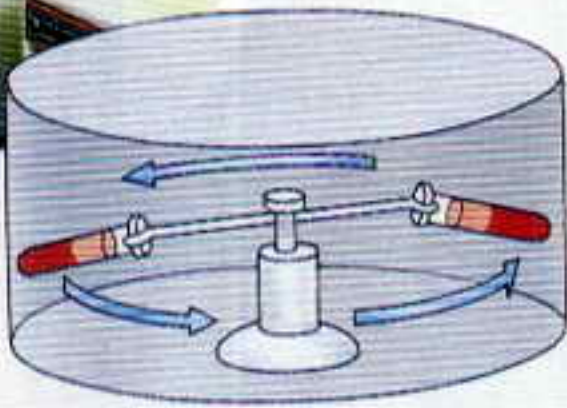
التجفيف

للحفاظ على جفافية المواد في مختبره، يحفظها الكيميائي في مجفاف (وعاء تجفيف). والمجفاف المحكم السد يحوي مادة ماصة للرطوبة، كجل السليكا، تمتص الرطوبة من الهواء. وكثيراً ما توضع رزم صغيرة من جل السليكا في محافظ الكاميرات لحماية عدسة الكاميرا من الرطوبة. إن عملية التجفيف هذه هي، بمختلف أشكالها، وسيلة بسيطة لإزالة الماء من الجوامد.



نايذة (فرازة)
طارديّة

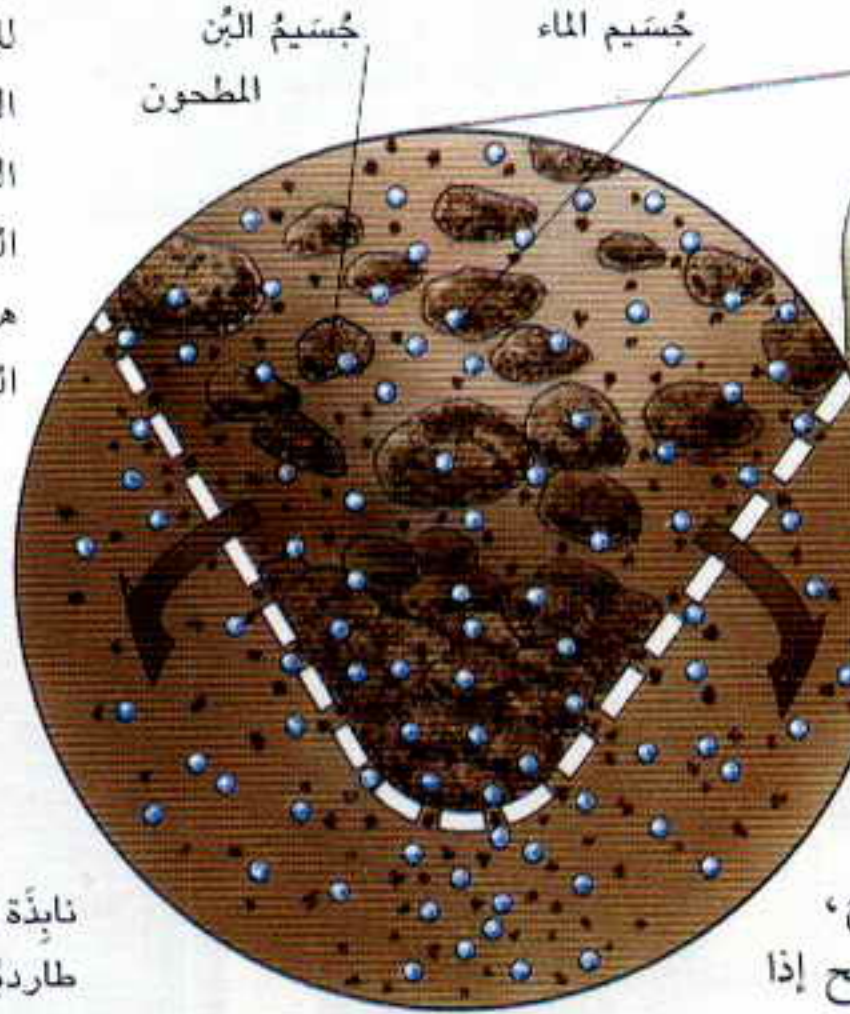
بالثدويم السريع
تهبط الجسيمات
الثقيلة إلى قعر
الأنبوب.



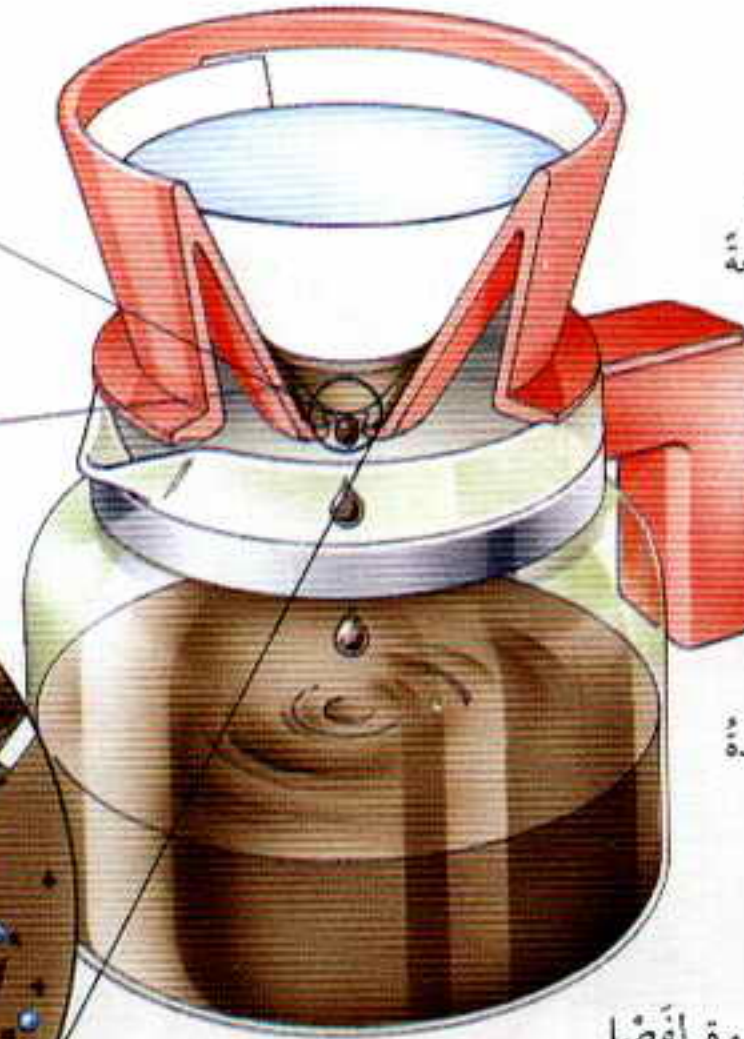
الطرد المركزي

تفرز النايذة، كما المجففة التديوميّة، مزيجات السوائل والجوامد بتدويمها بسرعة عالية. فتهبط المواد الثقيلة مبتعدة إلى القعر، وتعلوها المواد الأقل كثافة. ويتم فرز الدم في أنابيب الاختبار بهذه الطريقة لفصل خلايا الدم الثقيلة عن سائل البلازما الأخف.

الماء ومذاباته فقط تمرّ عبر مسام ورقة الترشيح - بينما تحتجز جسيمات البُن الكبيرة.



جسيم الماء
جسيم البُن المطحون



التصفيق

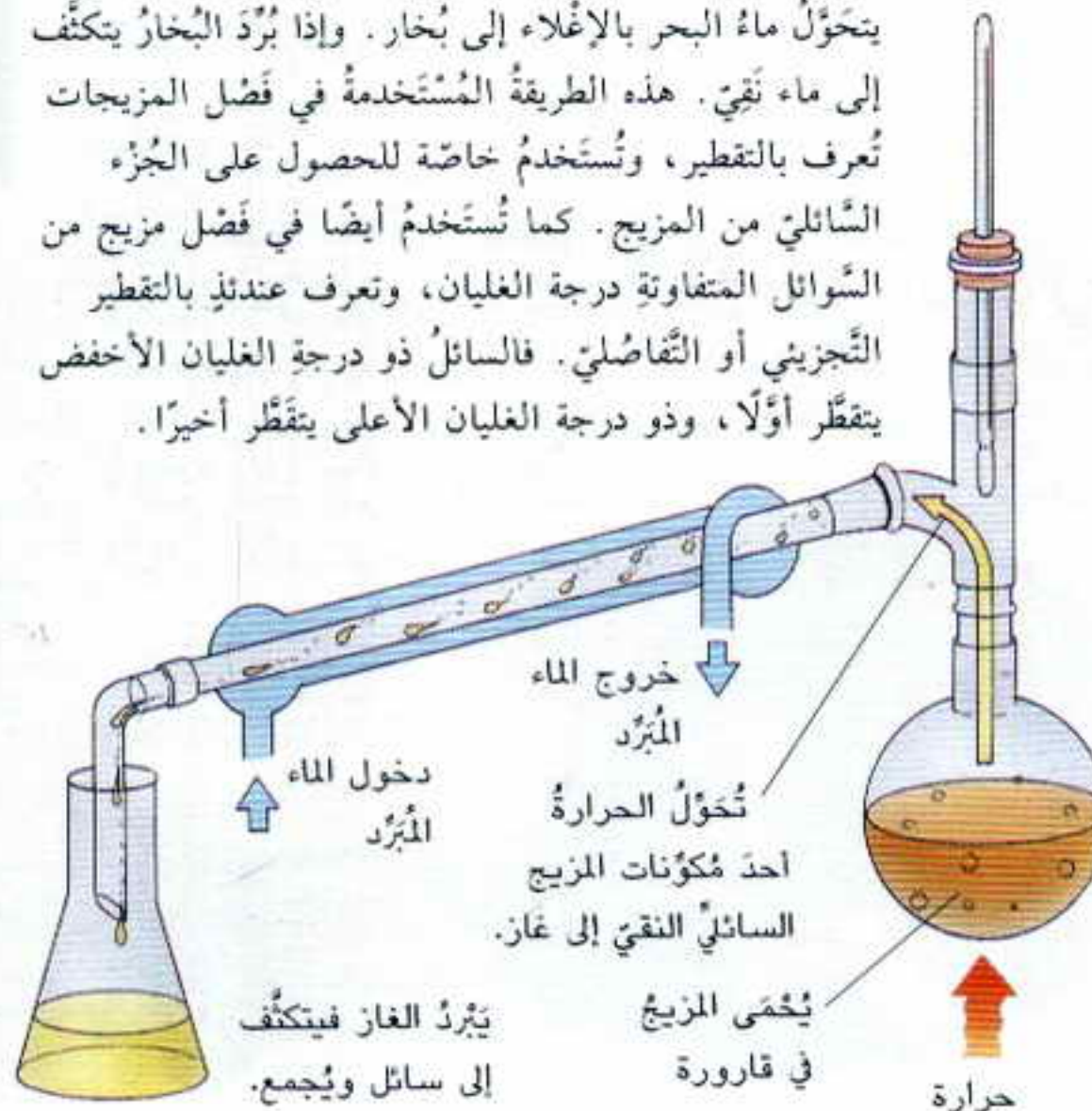
الباحثون عن الذهب في مجاري الأنهار الضحلة، يستخدمون أوعية مسطحة واسعة لغرف خليط من الرمل والحصى وماء النهر. ثم يدومون الخليط في الوعاء، فتستقر في قعره جسيمات الذهب الثقيلة - إن وجدت، ويصفق السائل الموجل غير المرغوب فيه بإمالة الوعاء بعناية. ففي طريقة التصفيق هذه تفضل المواد المختلفة الكثافة كما تصفّق القشدة الطافية (الأقل كثافة) من الحليب.

الترشيح

يستخدم ورق الترشيح في غلاية القهوة لفصل مسحوق البُن المحمص عن سائل القهوة. فعندما يمرّ بخار الماء فوق مسحوق البُن، تذوب خلاصة القهوة في الماء المتكاثف وتعبّر مسام ورقة الترشيح. أما دقائق البُن الغليظة فتظل مكانها فوق ورقة الترشيح، لأنها أكبر من أن تعبّر المسام المرشحة. تفضل مقومات المزيج بطريقة الترشيح إذا كانت حجوم جسيماتها متباينة القد جداً - الدقيقة منها ترشّح، والكبيرة تحتجز.

التقطير

يتحوّل ماء البحر بالإغلاء إلى بخار. وإذا برّد البخار يتكثف إلى ماء نقي. هذه الطريقة المستخدمة في فصل المزيجات تعرف بالتقطير، وتستخدم خاصة للحصول على الجزء السائل من المزيج. كما تستخدم أيضاً في فصل مزيج من السوائل المتفاوتة درجة الغليان، وتعرف عندئذ بالتقطير التجزيئي أو التفاضلي. فالسائل ذو درجة الغليان الأخفض يتقطر أولاً، وذو درجة الغليان الأعلى يتقطر أخيراً.



تجفيف المحاصيل بالتشميس



التبخّر والتبخير

يمكن تجفيف العنب بالتشميس؛ فتحوّل حرارة الشمس الماء في العنب، مثلاً، إلى بخار يتسرّب إلى الهواء - تاركاً وراءه الرّيبب المعصّن. التبخير (أو التبخّر) وسيلة لإزالة السوائل بالحرارة. إن تجفيف الشّعير هو مثل آخر على هذه الوسيلة.

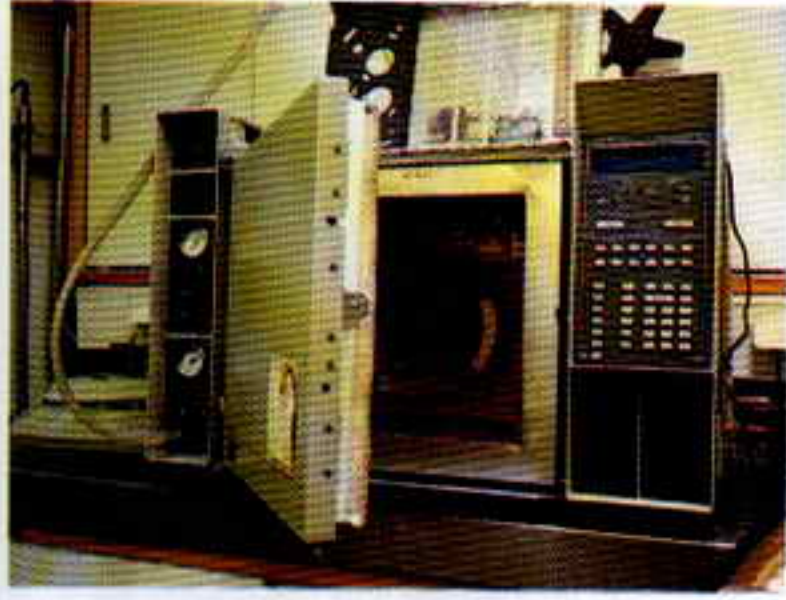
لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- خصائص المادة ص ٢٢
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- منتجات التّفط ص ٩٨
- الحركة الدائريّة ص ١٢٥

التَّحْلِيلُ الكِيمَاوِيّ

يَعْمَلُ الكِيمَاءِيُّونَ أحيانًا كَشُرْطَةِ التَّحْرِى فِي بَحْثِهِمْ عَنْ دَلَالَاتٍ تَنُمُّ عَنْ ماهِيَّةِ المادَّةِ الحَقِيقِيَّةِ. فكيمياءِيُّ التَّغْذِيَّةِ، مَثَلًا، يُجْرِي اخْتِبَارَاتِهِ لِلتَّحَقُّقِ مِنْ سَلَامَةِ الأَغْذِيَّةِ وَخُلُوقِهَا مِنَ السُّمُومِ أَوِ البَكْتَرِيَا. وَيَفْحَصُ كِيمَاوِيُّ التَّحْلِيلِ الطَّبِيعِيَّةِ سَوَائِلَ الجِسْمِ كَالدَّمِ وَالبَوْلِ لَاحْتِشَافِ طَبِيعَةِ المَرَضِ أَوْ مُسَبِّبَاتِهِ. وَكيمياءِيُّ البِيئَةِ يُحَدِّدُ سَلَامَةَ البِيئَةِ بِفَحْصِ عَيِّنَاتٍ مِنَ الهَوَاءِ وَالمَاءِ وَالتُّرْبَةِ دُورِيًّا، وَيُسَجِّلُ مُسْتَوِيَّاتِ التَّلَوُّثِ. وَفِي مَتَنَاوِلِ العُلَمَاءِ اليَوْمِ وَسَائِلُ تَقْنِيَّةٍ عَدِيدَةٍ وَمُتَنَوِّعَةٍ لِتَحْلِيلِ المَوَادِّ وَتَحْدِيدِ مُكَوِّنَاتِهَا. فَالتَّحْلِيلُ النَّوْعِيُّ يُحَدِّدُ مُكَوِّنَاتِ المَادَّةِ نَوْعًا (ماهِيَّةً)، بَيْنَمَا يُحَدِّدُ التَّحْلِيلُ الكَمِّي هَذِهِ المَكُونَاتِ كَمًّا (وَزْنًا).

مَحْلُولٌ مُحَدَّدُ التَّرْكِيزِ



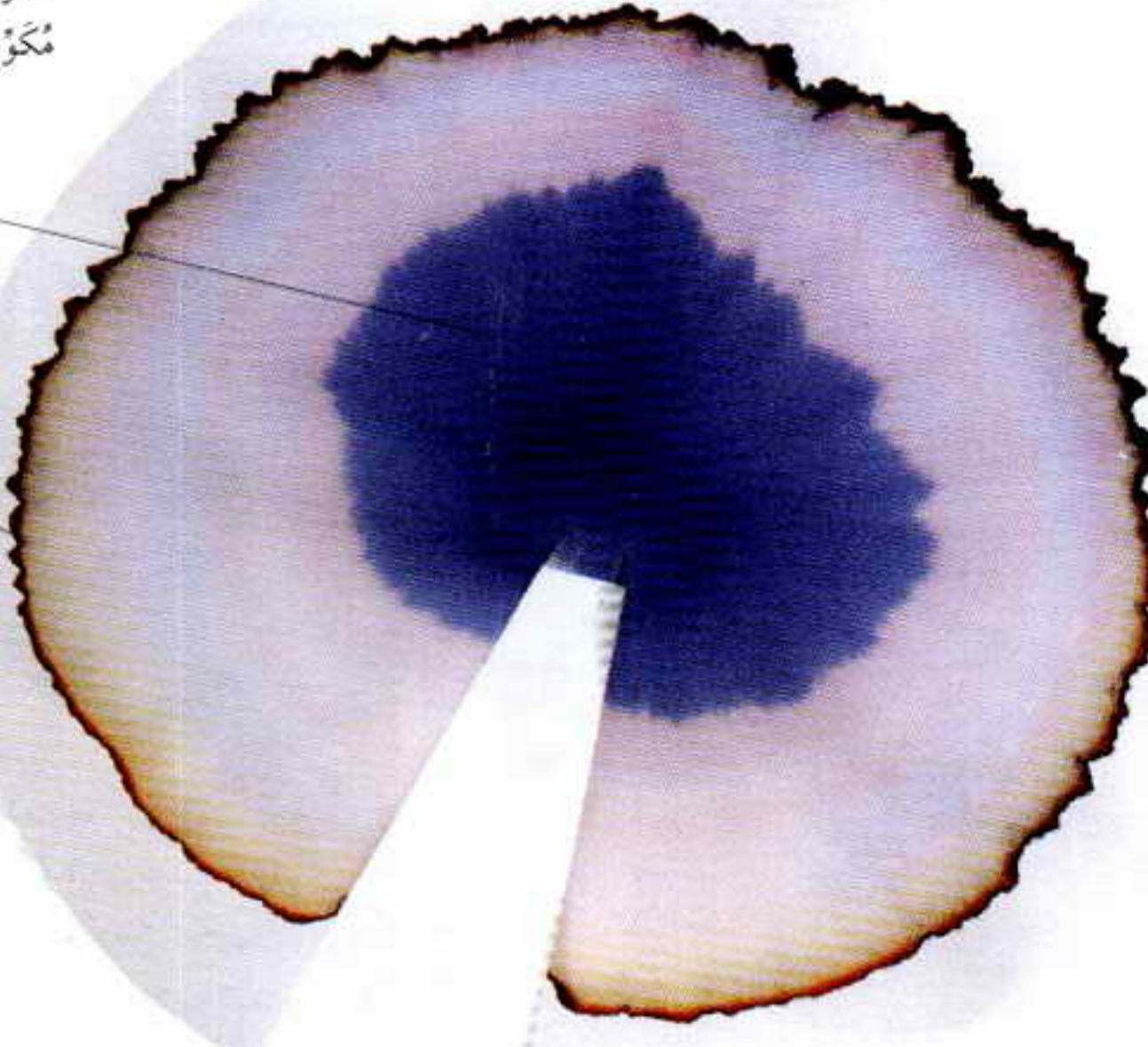
الاسْتِشْرَابُ الغَازِيّ

يُسْتَعْمَلُ الكِيمَاءِيُّونَ أحيانًا أَسَالِيْبَ الاسْتِشْرَابِ الغَازِيّ لَفَحْصِ مَزِيْجٍ مِنَ الغَازَاتِ، فَيَجْعَلُونَ المَزِيْجَ يَسْرِي عُبْرَ جَامِدٍ مُعَيَّنٍ حَيْثُ تُمْتَرُّ بَعْضُ أَجْزَاءِ المَزِيْجِ الغَازِيّ بِقُوَّةٍ أَكْثَرَ مِنْ سِوَاهَا، فَتَنْفَصِلُ عَنْ مُكَوِّنَاتِ المَزِيْجِ الأُخْرَى.

يَظَلُّ الصَّبْغُ الأزرق قَرِيبًا مِنْ مَرَكْزِ الورقة لِأَنَّ انْجِذَابَهُ إِلَى الورقة أَكْثَرُ مِنْ سِوَاهَا.

يَسْرِي الصَّبْغُ الأصفر نَحْوَ أَطْرَافِ الورقة لِأَنَّ انْجِذَابَهُ لِلْمَاءِ أَكْثَرُ مِنْ سِوَاهَا.

يَحْتَاجُ العُلَمَاءُ إِلَى مَوَازِينٍ حَسَّاسَةٍ لِتَحْدِيدِ وَزْنِ المَوَادِّ الَّتِي يَسْتَخْدِمُونَهَا فِي المَخْتَبَرِ بِدِقَّةٍ. هَذَا النِّوعُ مِنَ التَّحْلِيلِ هُوَ تَحْلِيلُ كَمِّيّ.

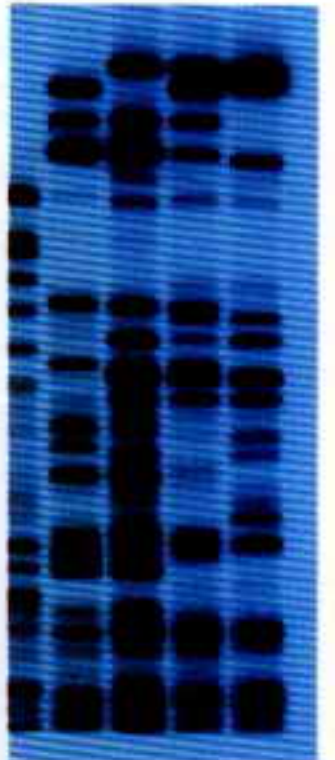


مَحْلُولُ الاختِبَارِ العَدِيمُ اللَّوْنِ يَصْبِغُ أَحْمَرَ وَرْدِيًّا عِنْدَمَا يَكْتَمِلُ التَّفاعُلُ.

المُعَايَرَةُ

يُسْتَعْمَلُ الكِيمَاءِيُّونَ المُعَايَرَةَ لِتَحْلِيلِ الحَجْمِيّ لِقِيَاسِ تَرْكِيزِ المَحَالِيلِ، فَيَجْعَلُونَ المَحْلُولَ يَتَفَاعَلُ مَعَ مَادَّةٍ كِيمَاوِيَّةٍ أُخْرَى مُحَدَّدَةٍ التَّرْكِيزِ؛ وَعِنْدَمَا يَحْصُلُ تَغْيِيرٌ فِي اللَّوْنِ، يَكُونُ المَحْلُولُ قَدْ تَفَاعَلَ بِكَامِلِهِ. وَبِحَسَابِ كَمِّيَّةِ المَادَّةِ المُتَفَاعَلَةِ مِنَ المَحْلُولِ العِيَارِيِّ يُمْكِنُ احْتِسَابَ تَرْكِيزِ المَحْلُولِ المُخْتَبَرِ.

لِكُلِّ قَرْدٍ جَانِبِيَّةٍ دَنَ أ فَرِيدَةٍ وَتَخْتَصُّ بِهِ وَحْدَهُ.



الاسْتِشْرَابُ

الجَبْرُ الأسود هُوَ فِي الغَالِبِ مَزِيْجٌ مِنْ أَصْبَاغٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَعِنْدَمَا تَضَعُ نَقْطَةً مِنْهُ عَلَى وَرَقَةٍ تَرْشِيحٍ ثُمَّ تُضَيِّفُ قَلِيلًا مِنَ المَاءِ، تَنْتَشِرُ بَقْعَةُ الجَبْرِ عَلَى شَكْلِ حَلَقَاتٍ مُخْتَلِفَةِ الأَلْوَانِ، كُلُّ حَلَقَةٍ تَحْوِي صِبْغًا مُخْتَلَفًا. وَتَنْفَصِلُ الأَصْبَاغُ لِأَنَّ بَعْضَهَا يَلْتَصِقُ بِالْوَرَقَةِ فَيَظَلُّ قَرِيبًا مِنَ المَرَكْزِ، بَيْنَمَا يَبْقَى البَعْضُ الأُخَرِ ذَابًّا فِي المَاءِ وَيَنْتَشِرُ بَعِيدًا عَنِ المَرَكْزِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ التَّقْنِيَّةُ بِالاسْتِشْرَابِ. وَيُسْتَعْمَلُ الكِيمَاءِيُّونَ طَرِيقَةَ الاسْتِشْرَابِ فِي اخْتِبَارِ نَقَاوَةِ المَوَادِّ، كَمَا يَسْتَخْدِمُهَا الأَطْبَاءُ فِي تَحْلِيلِ عَيِّنَاتِ البَوْلِ لِلْكَشْفِ عَنْ أَثَرٍ مِنَ السُّكَّرِ (مِنْ عِلَامَاتِ دَاءِ السُّكَّرِيِّ).

الذَّهَبُ الزَّائِفُ (ذَهَبُ المَغْفَلِينَ)

يَتَرَكُ الذَّهَبُ الزَّائِفُ أَثَرًا أَسْوَدَ عِنْدَمَا يُجَرُّ فَوْقَ بِلَاطَةٍ بَيضاء؛ بَيْنَمَا لَا يَتَرَكُ الذَّهَبُ الحَقِيقِيُّ أَيَّ عِلَامَةٍ.



عُلُومُ الطَّبِّ الشَّرْعِيِّ

يُسْتَعْمَلُ عُلَمَاءُ الطَّبِّ الشَّرْعِيِّ تَجَارِبَ عَدِيدَةٍ لِحَلِّ أسْرَارِ الجَرَائِمِ. مِنْ هَذِهِ التَّجَارِبِ، مَثَلًا، تَجَرِبَةُ جَدِيدَةٍ تُعْرَفُ بِسِيْمَايَّةِ دَنَ أ، تُسْتَعْمَلُ فِي كَشْفِ الفَاعِلِ مِنْ بَيْنِ المُشْتَبَهِيْنَ بِهِمْ بِفَحْصِ لُفْطَةٍ مِنْ دَمِهِ أَوْ بَعْضِ الخَلَايَا مِنْ جِلْدِهِ، كَتَلِكِ المَتَوَاجِدَةِ فِي جُلُودِ الشُّعْرِ. وَتَعْتَمِدُ هَذِهِ الطَّرِيقَةُ عَلَى الاسْتِشْرَابِ، المِمَّاثِلَةِ لِلِاسْتِشْرَابِ، لَكِنَّهَا تُسْتَعْمَلُ مَجَالًا كَهَرَبَائِيًّا، حَيْثُ تُفَضَّلُ المَادَّةُ الْوَرَاثِيَّةُ عَنْ بَقِيَّةِ أَجْزَاءِ العَيِّنَةِ. وَبِمَا أَنَّ صِبْغَةَ دَنَ أ فِي هَذِهِ المَادَّةِ فَرِيدَةٌ لِلشَّخْصِ دُونَ سِوَاهَا، تَمَامًا كَبَصَمَاتِ الأَصْبَاحِ، لِذَا تُسْتَعْمَلُ فِي التَّعَرُّفِ عَلَى الفَاعِلِ. وَهَذَا يَبْرُرُ تَسْمِيَةَ هَذِهِ الْوَسِيلَةِ أحيانًا بِبَصَمَاتِ الأَصْبَاحِ الْوَرَاثِيَّةِ.

الاختبارُ الإِثْلَافِيّ

أَحْقِيقِيّ هَذَا الذَّهَبُ أَمْ زَائِفٌ؟ ذَهَبُ المَغْفَلِينَ مُرَكَّبٌ كِيمَاوِيّ مِنَ الحَدِيدِ وَالكِبْرَيْتِ يُشَبِّهُ الذَّهَبَ. وَلاخْتِبَارَ عَيِّنَةٍ مِنْهُ، يُمْكِنُ لِلْكَيمِيَاءِيِّ أَنْ يَزْنِيَهَا (فَالذَّهَبُ الزَّائِفُ، ذَهَبُ المَغْفَلِينَ، أَخَفُّ مِنَ الذَّهَبِ)، أَوْ أَنْ يُضَيِّفَ إِلَيْهَا حَامِضًا (يَذُوبُ ذَهَبُ المَغْفَلِينَ فِي الحَامِضِ)، أَوْ أَنْ يَجْرُهَا فَوْقَ بِلَاطَةٍ بَيضاء (حَيْثُ يَتَرَكُ الذَّهَبُ الزَّائِفُ خَرًّا أَسْوَدَ). إِنَّ اخْتِبَارِي الحَامِضِ وَالبِلَاطَةِ البَيضاءِ يُتْلَفَانِ العَيِّنَةُ، فَهَمَا مِنَ الإِخْتِبَارَاتِ الإِثْلَافِيَّةِ. أَمَّا اخْتِبَارُ الْوِزْنِ فَهُوَ لاِثْلَافِيّ فَيَبْقَى العَيِّنَةُ سَلِيمَةً.

فرانسيس أستون

بدأ فرانسيس أستون (١٨٧٧-١٩٤٥)، الكيميائي الإنكليزي عمله كمساعد لـ ج. ج. طومسون في مختبر كافنديش، بجامعة كمبردج، حيث درس الأشعة الموجبة الشحنة، واخترع المطياف الكتلي عام ١٩١٩؛ فتسنى له به اكتشاف العديد من النظائر الجديدة، ونال بذلك جائزة نوبل للكيمياء عام ١٩٢٢.



المطياف الكتلي

كتل الذرات صغيرة جدًا بحيث يصعب قياسها، لكن يمكن مقارنتها بواسطة المطياف الكتلي. يفرز المطياف ذرات العينة بحسب كتلتها، ويبيّن المقادير المتواجدة من كل نوع منها. ويتم ذلك بتحويل الذرات إلى أيونات ثم جعلها تنحرف في مجال مغنطيسي. الأيونات الثقيلة تنحرف أكثر من الأيونات الخفيفة، وبذلك تفرز الأيونات ويمكن تعيين طبيعة كل منها.

تتحرف الأيونات الكبيرة الكتلة بعيدًا عما يلتقطه الكاشف. ولا تنحرف الأيونات الصغيرة الكتلة بقدر كافٍ. يُسرّع تيار الأيونات بواسطة مجال كهربائي ومن ثم يُحرف بمجال مغنطيسي.

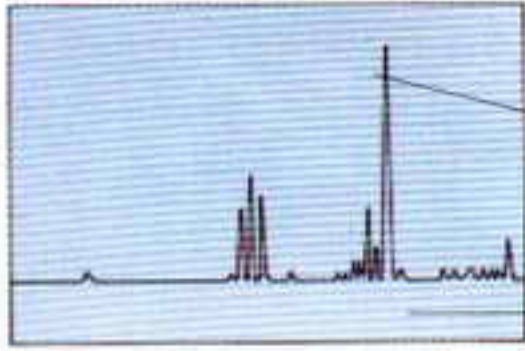
قراءة من المطياف الكتلي.

يُعطي غلو القمة عدد الأيونات المتواجدة من كل نوع.

يُعطي المقياس الأسفل كتلة كل نوع من الأيونات.

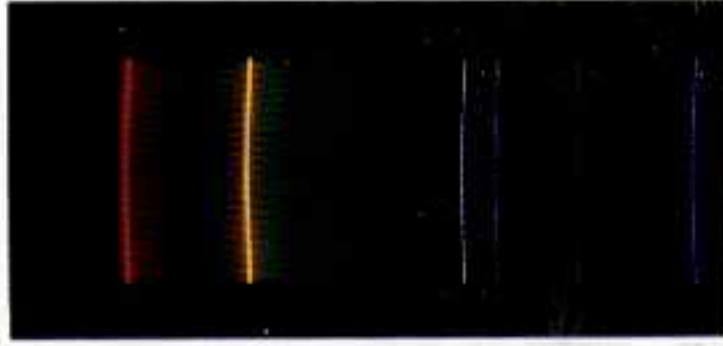
نوع واحد من الأيونات فقط يُحرف بالقدر الصحيح، ويتغير شدة المجال المغنطيسي، يُسجل الكاشف الأيونات المختلفة.

طيف الإنبعاث الذري لعنصر الهليوم



طيف الإنبعاث الذري

الضوء المبعث من الذرة خلال اختبار اللهب ما هو إلا جزء يَبْين من كل خفي. فالذرة، في الواقع، تَبْعث طيفًا من الأصواء المختلفة الألوان عند إحماها، بعضها فقط مرئي لنا. أما الترددات الضوئية الأخرى، فيمكن التقاطها ورؤيتها، بواسطة المطياف، كطيف إنبعاث ذري. وهذا الطيف هو كَبْضَة الإصبع بالنسبة للذرة، لأن لكل عنصر طيفه الفريد المميز.



تتحرق مركبات النحاس بلهب أزرق مائل إلى الخضرة



تتحرق مركبات الرصاص بلهب أزرق.



تتحرق مركبات الصوديوم بلهب برتقالي.

كيميائي يَبْني يختبر نقاوة ماء النهر.

اختبارات اللهب

عند إحماء مركب فلزي في لهب ما، يحترق مكسبًا اللهب لونًا مُعَيَّنًا. ويحدث ذلك لأن حرارة اللهب تدوّم إلكترونات الذرات بسرعة فتبْعث الضوء. والفِلْزات المختلفة تُلوّن اللهب بألوانٍ مُختلفة مُميّزة يمكن بها تعرّف الفِلْز ومركباته. فمركبات النحاس، مثلاً، تكسب اللهب دومًا لونًا أزرق مائلًا إلى الخضرة. وهذه الألوان المُميّزة لمركبات الفِلْزات هي قِوام الألوان الجميلة في الأنسجَم النَّارية.

تتحرق مركبات الباريوم بلهب بُني مائل إلى الخضرة.

تتحرق مركبات البوتاسيوم بلهب ليلي.

تتحرق مركبات الليثيوم بلهب أحمر.

تحليل أسباب وفاة نابليون

حلّل الكيميائيون عِيَنَات من شَعْر نابليون بوناپرت (١٧٦٩-١٨٢١)، الإمبراطور الفرنسي، بعد وفاته، فوجدوا فيها كمّيّات ضئيلة من الزرنيخ. فاشتبه بأنه مات مسمومًا. لكن تمّ مؤخرًا اكتشاف مستويات عالية من الزرنيخ في صباغات ورق جدران مَحْبسه، فلعلّ الرطوبة والعفن أسهما في تحويل ذلك الزرنيخ إلى غاز قاتل.



فحص المياه

يستخدم علماء البيئة التحليل الكيميائي لفحص نوعية المياه وسلامتها. فمياه الأنهار قد تكون ملوثة بالأسمدة والمُتعلقات والأوساخ ومياه المجاري والمطر الحمضي. وبمقدور العالم استخدام أساليب المُعايرة، مثلاً، لإيجاد كميّة المادّة المُذابة في عِيْنَة من الماء.



لمزيد من المعلومات انظر

- البيئة الذرية ص ٢٤
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- فضل المزيجات ص ٦١
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

الأكسدة والاختزال

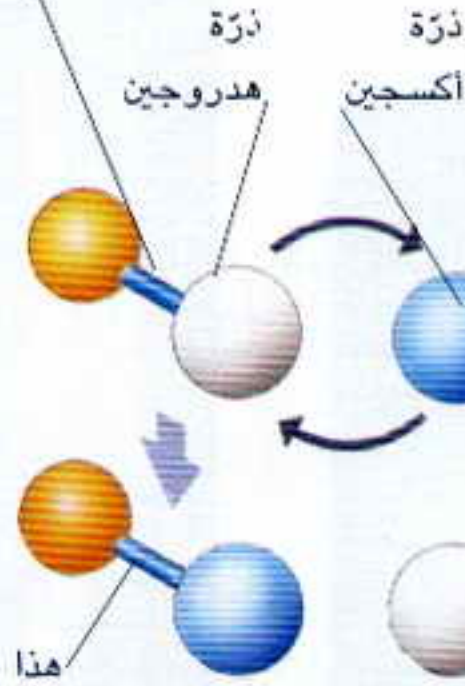
لو أن الرواد الذين نزلوا على سطح القمر أرادوا إشعال نارٍ على سطحه لما استطاعوا. فالاختراق هو تفاعل أكسدة - تتحد فيه المادة مع الأكسجين؛ ولا أكسجين في جو القمر. أما في جو الأرض، فالكثير من التفاعلات الكيماوية المهمة التي تحصل كل يوم تتضمن تفاعلات أكسدة - كاحتراق المواد وصدا الفلزات وحتى في عملية التنفس. فالطعام الذي نأكله يتحول إلى طاقة بالاتحاد مع الأكسجين الذي نستنشق. ويقال عن جميع المواد التي تتحد مع الأكسجين أو التي تفقد الهيدروجين بأنها تأكسدت. كما إن عملية فقد الأكسجين أو كسب الهيدروجين تسمى اختزالاً. والواقع أن عمليتي الأكسدة (الاختزال والأكسدة) تحدثان مترافقتين - فعندما تكسب إحدى مادتي التفاعل الأكسجين تكون الأخرى قد فقدته.

عندما يحترق شيء فإنه يتحد مع أكسجين الهواء. فالاختراق هو تفاعل أكسدة.



هذا الجزيء عامل مُختزل، لأنه يُعطي الهيدروجين إلى جزيء آخر.

هذا الجزيء عامل مؤكسد، لأنه يُعطي الأكسجين إلى جزيء آخر.



الاختزال
تُختزل المادة عندما تفقد الأكسجين أو تكسب الهيدروجين في تفاعل كيماوي. وتسمى المادة المُسببة، آخذة الأكسجين أو معطية الهيدروجين، عاملاً مُختزلاً. مثال ذلك أول أكسيد الكربون المُنفك من عوادم السيارات، والمُتلئس دوماً بالاتحاد مع الأكسجين ليكوّن ثاني أكسيد الكربون. هذا الجزيء اختزل باكتسابه ذرة هيدروجين.

الأكسدة

تتأكسد المادة في تفاعل كيماوي، عندما تكسب الأكسجين أو تفقد الهيدروجين. العوامل المؤكسدة مواد تعطي الأكسجين للمواد الأخرى أو تأخذ الهيدروجين منها. وبين أمثلتها المألوفة الهواء ومادة التقصير - فكلهما كثير المحتوى الأكسجيني. هذا الجزيء تأكسد باكتسابه ذرة أكسجين.

أكسدة الزخرفة في الأفران

يُزيّن الخزافون فخارياتهم بمادة تزييج تحوي فلزاً كالحديد مثلاً. وعندما يُشوى الوعاء الفخاري في فرن، بوفرة من الأكسجين، يتأكسد الحديد ليكوّن أكسيد الحديد، ح ٣ أ ٢، الأحمر اللّون. أما إذا شوي الوعاء في فرن دون وفرة من الأكسجين، فالحديد يتأكسد مُكوّناً أكسيد الحديد، ح أ، الأسود اللّون.



التآكل بالصدأ

يصدأ الحديد أو الفولاذ إذا ما تعرّض للهواء والرطوبة. والصدأ مثال على تفاعل أكسدة هدام. فعندما يتأكسد الحديد يكوّن طبقة سطحية من أكسيد الحديد (الصدأ)، يظل يخرقها أكسجين الهواء ليبلغ الطبقات الداخلية؛ وسرعان ما يأخذ الصدأ سبيله إلى كامل الفلز فيتلّفه. ولمنع هذا التفاعل المُدمر، تُطلى السطوح الفولاذية، كهيكل السفن، بالدهان الواقى الذي يمنع وصول أكسجين الهواء إليها.

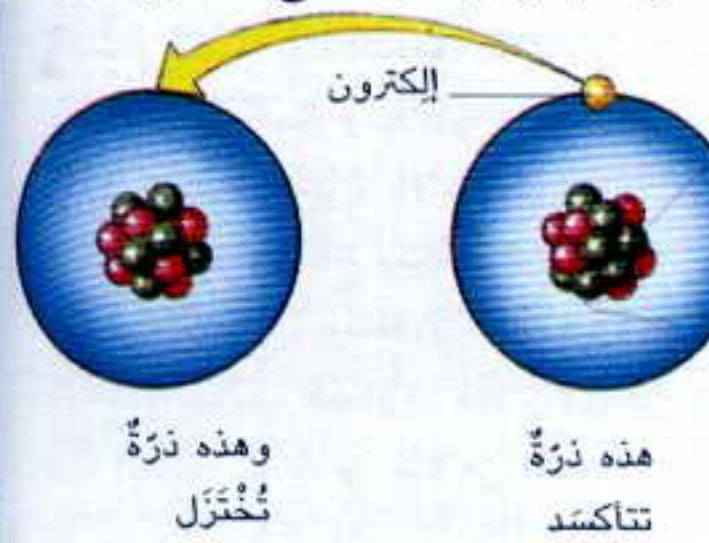
الأكاسيد

تتحد اللافلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد؛ ومخاليل هذه الأكاسيد في الماء حامضية. فأكاسيد النتروجين وثاني أكسيد الكبريت، مثلاً، هي أكاسيد لافلزات تبتعثها محطات القدرة الكهربائية في الجوّ. وعندما تذوب هذه في الهواء الرطب تسقط مطراً حمضياً يلحق الضرر بالأشجار والبحيرات والأنبيّة. لذا يحاول المسؤولون عن محطات القدرة معالجة المُبتعثات منها قبل انطلاقها إلى الجوّ. هذا وتتحد الفلزات مع الأكسجين لتكوّن أكاسيد قاعدية - محاليلها في الماء قلوية.

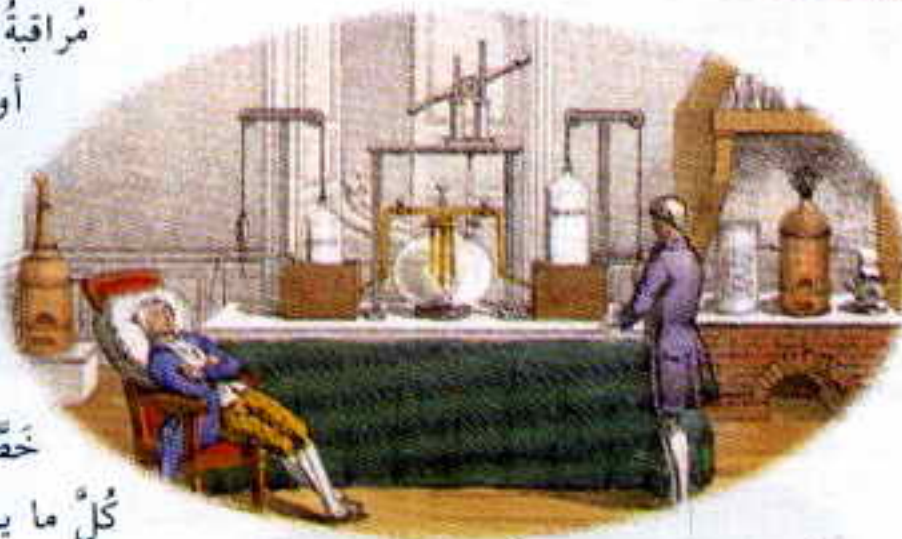


انتقال الإلكترونات

في عمليات الأكسدة والاختزال تجري دائماً مُنقلة الإلكترونات بين الذرات. فالذرات التي تكسب إلكترونات يقال إنها اختزلت والتي تفقد إلكترونات إنها تأكسدت. ونظّل مع الكيميائيين نسمي هاتين العمليتين أكسدة واختزالاً حتى ولو لم يتضمن التفاعل عنصري الأكسجين والهيدروجين.



نظرية اللاهوب (الفلوجستون)
مراقبة اللهب المُتصاعد من احتراق الخشب أوحّت إلى الطبيب الألماني، جورج شتال (١٦٦٠-١٧٣٤) فكرة أن كل ما يحترق إنما يبتعث محتواه من اللاهوب. لكن أنطوان لافوازييه (١٧٤٣-١٧٩٤)، الكيميائي الفرنسي، خطأ هذه النظرية ودحضها حين برهن أن كل ما يحترق إنما يتحد مع أكسجين الهواء.





زيت سائل

دهن جامد

مُضادَات التأكسد

يُفسد الطعام إذا ما تفاعل مع أكسجين الهواء. ولِمنع ذلك، تُضاف

كيمائيات مُضادة للتأكسد إلى الطعام خلال تصنيعه. وهذه الكيمائيات تُوقِف تأكسد الطعام بتأكسدها هي فيبقى الطعام سليماً. وغالباً ما توجد مُضادَات التأكسد هذه بخاصة في الأغذية الدهنية كالزيوت النباتية لأنها سريعة التأكسد.

مُكَافَحَةُ الحريق

إشعال النار يحتاج إلى وقود وإلى حرارة لبَدْء الاشتعال. وحيث إن الاحتراق هو تفاعل أكسدة، فإنه يحتاج أيضاً إلى مدد كافٍ من الأكسجين ليستمر؛ وعندما يتوقف ذلك الإمداد تنطفئ النار. وهكذا يمكن إطفاء النار بإهمادها بواسطة بَقائِيَّة، أو بتعطيلها بالرغاوة الكيماوية أو بثاني أكسيد الكربون من مِطفأة حريق.



مُحَلِّلَةُ النَّفْس

تُستخدم شُرطة السير في بعض البلدان تفاعل أكسدة لاختبار الكحولية لدى السائقين. فعندما يزفر أحدُهم داخل مُحلِّلة النَّفس، يتأكسد الكحول (الإيثانول) في زفيره إلى حامض الإيثانويك (حامض الخليك) مولِّداً تياراً كهربائياً. وتُبيِّن شِدَّة التيار كميَّة الكحول المتواجدة في نفس السائق.



التنفس والتخليق الضوئي

التنفس والتخليق الضوئي: تفاعلان حيويان وهما تفاعلان

أكسدة واختزال. فبالتنفس يتأكسد الطعام الذي نأكل، فننتقل الطاقة اللازمة والأكسجين. لأجسامنا. والنباتات تقوم بالتخليق الضوئي الذي بواسطته تختزل ثاني أكسيد الكربون من الهواء لتكوّن موادَّ سكرية ونشوية.

تختزل النباتات ثاني أكسيد الكربون الذي نزفر لتكون الأغذية والأكسجين.



تطلق النباتات الأكسجين في عملية التخليق الضوئي.

التقصير (التبييض)

نحوي سائل التقصير المنزلية مؤكسِدات فعالة تستطيع أكسدة المواد الملونة في الأقمشة وإزالتها. فمواد التقصير الحديثة تحوي فوق أكسيد الهيدروجين H_2O_2 الذي يُبين صيغته وقوة الأكسجين فيه.



البارود

مُسخوق البارود مزيج مُتَجَرِّ من نترات البوتاسيوم (٧٥٪) والكبريت (١٠٪) والكربون (١٥٪). ولا يُعرف على وجه الدقة مَنْ اخترع البارود ولا متى، ولكن الثابت أنَّ الصينيين استخدموه قبل القرن السابع ق.م. وأخذ العرب عنهم ونقلوه إلى أوروبا. إنَّ اشتعال البارود هو تفاعل أكسدة تفجيري؛ لكن، بخلاف المواد الأخرى التي تحترق بأكسجين الهواء، فإن البارود يستعيد أكسجين احتراقه من نترات البوتاسيوم - الذي تدلُّ صيغته تركيبه بون ٣١ على وفرة محتواه الأكسجيني.

يُضغَط مزيج البنزين والهواء ويُفجَّر بشرارة كهربائية. والغازات الحارَّة الناتجة تدفع الكباس نزولاً.

مُحرِّك داخلي الاحتراق



مع صعود الكباس تُدفع الغازات الحارَّة خارج الأسطوانة إلى أنبوب الإنفلات. وتعاود هذه الدورة تَكَرَّراً.

كَباس

حركة الكباس نزولاً وصعوداً داخل الأسطوانة تُوفِّر القدرة لتحريك السيارة.

نُشتتُشِقُ الأكسجين المُنبعث من النباتات لأكسدة الطعام الذي نأكل. وهذا التفاعل يُوفِّر لنا الطاقة.

الاحتراق

في المُحرِّك الداخلي الاحتراق، يحترق البنزين مُطلِّفاً الطاقة اللازمة لتحريك السيارة. وكلُّ تفاعلات الاحتراق، فإنَّ احتراق البنزين هو أيضاً تفاعل أكسدة، وهذا التفاعل يُطلق الطاقة.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الأكسجين ص ٤٤
- الهيدروجين ص ٤٧
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- المحرّكات ص ١٤٣
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

سلسلة التفاعلية

البوتاسيوم فلز رخو أبيض فضي شديد التفاعلية لا يتواجد في الطبيعة إلا مُتحدًا مع غيره من العناصر. في المقابل فإن الفضة فلز غير فعال كيميائيًا بحيث يمكن استخدامه بأمان في صناعة أدوات المائدة. وإذا قارنا شدة الفاعلية للفلزات الكيميائية، يمكننا وضعها في جدول تراتبي يُسمى سلسلة التفاعلية. فالفلزات في أعلى هذه السلسلة هي الأشد فاعليةً، وتلك التي في أسفلها هي الأقل فاعليةً. وتساعدنا هذه السلسلة في توقُّع ما سيحدث عند تفاعل الفلزات المختلفة بعضها مع بعض. فإذا تنافس البوتاسيوم والفضة، مثلاً، على التفاعل مع الكلور، فالغلبة للبوتاسيوم والناتج كلوريد البوتاسيوم. وهكذا فالفلز الأعلى في سلسلة التفاعلية له الغلبة على ما دونه من فلزات في أي تفاعل كيميائي.

فلز
النحاس

الذهب عديم التفاعلية

يكتشف علماء الآثار من حين لآخر أشياء ذهبية كالحلي والأقنعة. واللافت في هذه الأشياء أنها غالبًا ما تحتفظ برونقها كأنها صُنعت حديثًا - رغم أنها قد طمرت تحت التراب آلاف السنين. فالذهب، بخلاف غيره من الفلزات التي كانت تتآكل وتبلى، عديم التفاعلية. لذا تجد الذهب في أسفل سلسلة التفاعلية.

إذا أزيلت طبقة أكسيد الألومنيوم الواقية عن سطحه، يتفاعل الألومنيوم المعرض بشدة مع الهواء.



الألومنيوم

الألومنيوم فلز غريب، فرغم موقعه العالي في سلسلة التفاعلية، تُستخدم أواني الألومنيوم في المطبخ بكثرة. وتعليل ذلك أن الألومنيوم يتفاعل مع أكسجين الهواء مُشكِّلًا طبقة واقية عديمة الفاعلية من أكسيد الألومنيوم. أما إذا أزيلت تلك الطبقة بحك رقيقة ألومنيوم مثلاً، بمادة كيميائية مثل كلوريد الزئبق، فالألومنيوم المعرض حينئذ شديد التفاعلية.



الغلثنة

يمكن وقاية الأشياء المصنوعة من الفولاذ (الذي هو حديد في معظمه) من التآكل بالصدأ بتغطيتها بطبقة من فلز أكثر منه فاعليةً، كالخارصين، وهذه الطريقة تُعرف بالغلثنة. إنه حتى لو خدشت طبقة الخارصين الواقية، فأكسجين الهواء سيتفاعل مع الخارصين وليس مع الحديد. وتدعى هذه الوقاية أحيانًا الوقاية الإفتدائية لأن الخارصين يُضحي به لوقاية الحديد.

موقع الصوديوم

عالي في سلسلة التفاعلية،

لذا فهو يُشكِّل

مركبات مستقرة

جداً. فاستخراج فلز

الصوديوم يلجأ إلى كهرة

كلوريد الصوديوم المنصهر،

وهي طريقة شديدة المفعول

لكن باهظة التكلفة.

يقع النحاس في القسم السفلي

من سلسلة التفاعلية لذا يتطلب

طاقة أقل لاستخراجه. فيمكن

الحصول على

النحاس بإحماء

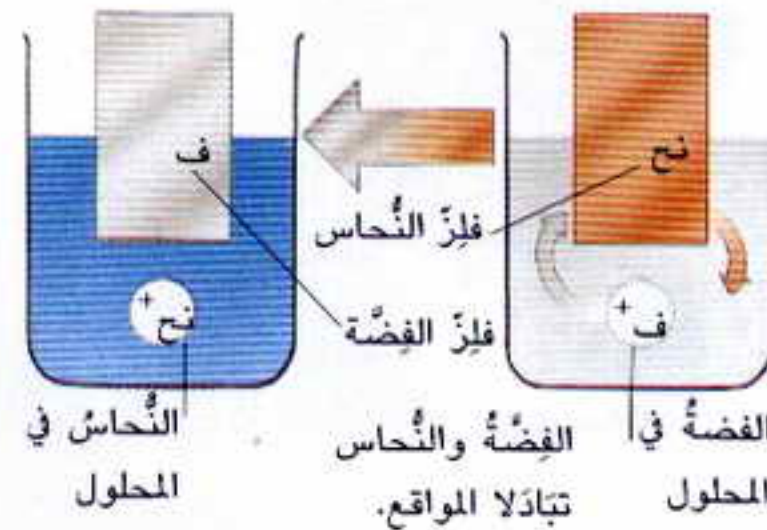
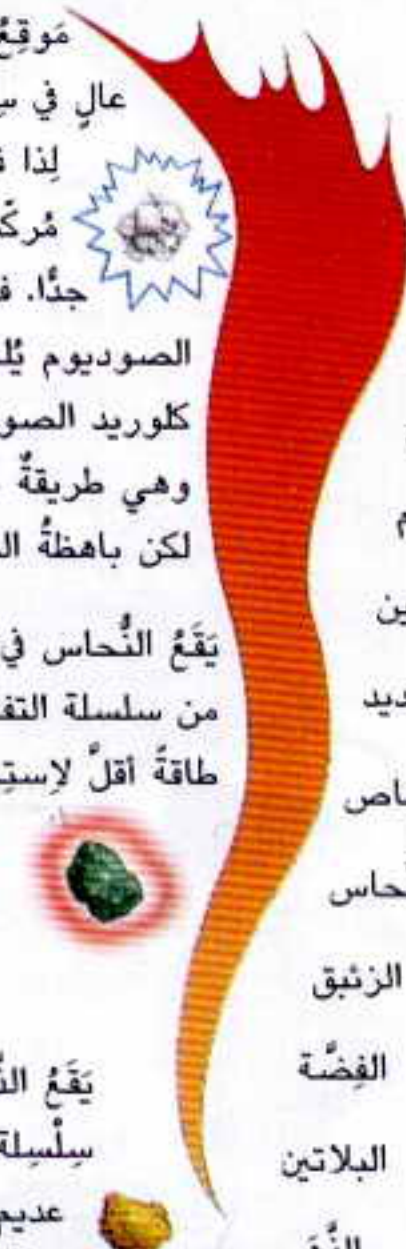
خاماته فقط.

يقع الذهب في أسفل

سلسلة التفاعلية وهو

عديم الفاعلية، لذا

يُوجد في الطبيعة نقيًا.



محلول نترات الفضة يتكوّن محلول نترات النحاس الأزرق

تجمع فلز الفضة

الإزاحة

إذا أسقطت قطعة نحاس في محلول نترات الفضة، فالفلزّان (النحاس والفضة) سيتنافسان على أيونات النترات. وحيث إن النحاس أعلى من الفضة في سلسلة التفاعلية، فبمقدوره "انتزاع" أيونات النترات من الفضة. والنتيجة تكون محلول أزرق من نترات النحاس وتشكّل إبر من فلز الفضة فيه. ويدعى هذا تفاعل إزاحة، إذ أزاح النحاس الفضة من المحلول.



تاريخ الفلزّات

استخدام الفلزّات جاء متأخرًا في التاريخ. فالإنسان القديم استخدم العظام والحجارة والخشب لأدواته. الفلزّات المتواجدة حرة في الطبيعة كالنحاس والفضة والذهب (والواقعة في أسفل سلسلة التفاعلية) تم اكتشافها بسهولة، وكانت أولى الفلزّات التي استخدمها الإنسان. وحوالي سنة ٢٠٠٠ ق.م. تمكّن الإنسان القديم من استخراج الحديد، الأكثر فاعليةً، من خاماته بالحرارة؛ وبذلك بدأ عصر الحديد. أما الألومنيوم فهو فلز متوافر في القشرة الأرضية لكنه شديد التفاعلية؛ فلم يتمّ استخراجه عمليًا إلا في القرن التاسع عشر.



ولقاط حديدي من عصر الحديد.

لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات القلوية ص ٣٤
- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- المحاليل ص ٦٠
- الكهرة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الحديد والفولاذ ص ٨٤
- النحاس ص ٨٦
- الألومنيوم ص ٨٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤

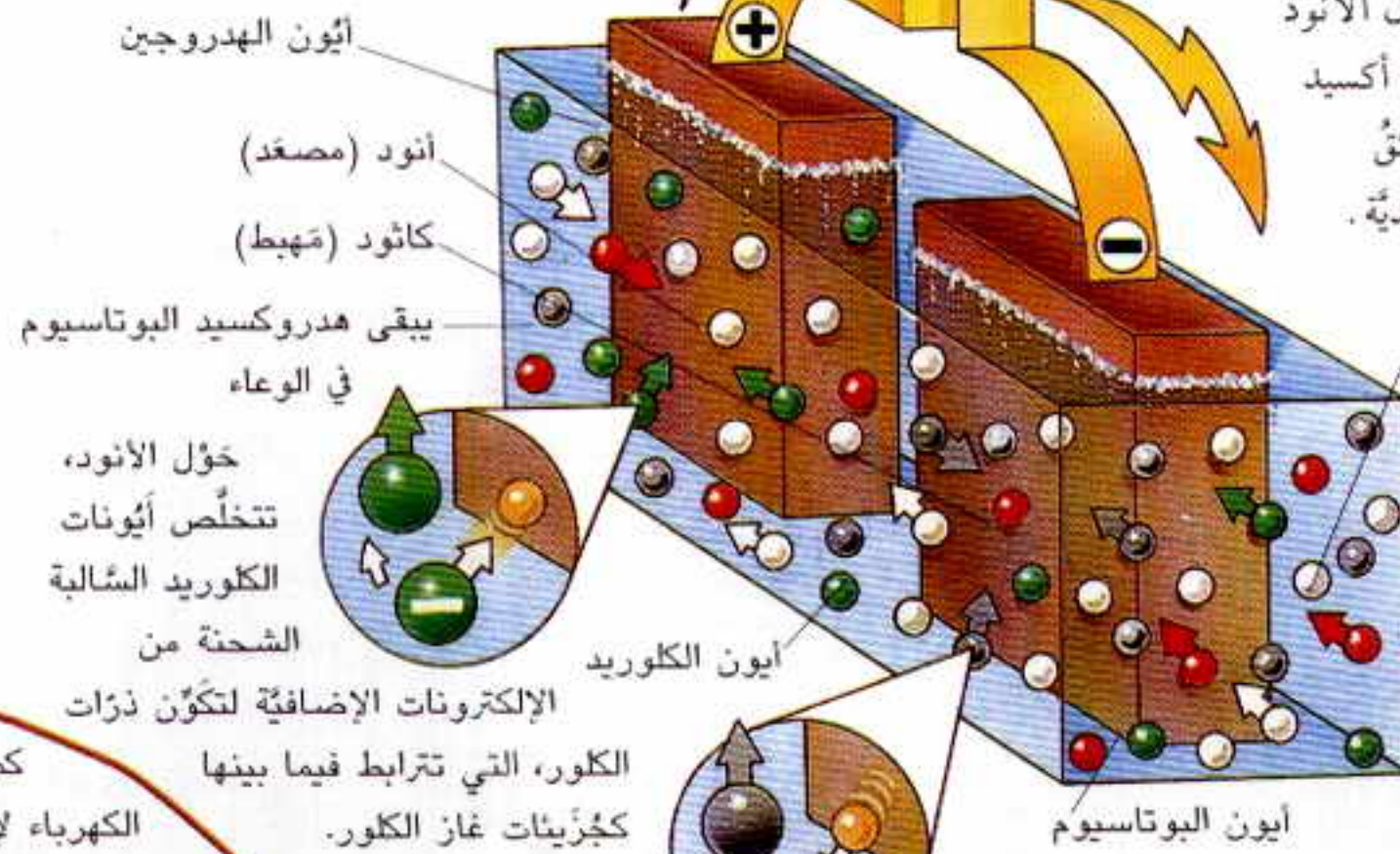
الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

الكهرلة (التحليل بالكهرباء) هي عملية تحليل مركب ما إلى أجزائه بالكهرباء، ولإنجاح هذه العملية يجب أن يكون المركب موصلاً للكهرباء - إما مصهوراً أو محلولاً - وأن يحوي أيونات طليقة الحركة ذات شحنات كهربائية. ويوضع مسريان فلزيان، أو كربونيان، يُعرفان بالإنكترودين، في المادة المراد كهرلتها، وتُدعى الكهرل (الإلكتروليت). عند وصل الإنكترودين بالبطارية تسري الكهرباء عبر السائل، فتتحرك أيونات المركب الموجبة الشحنة نحو الإنكترود السالب (المهبط أو الكاثود)، وتتحرك الأيونات السالبة الشحنة نحو الإنكترود الموجب (المضعد أو الأنود). وهكذا ينحل المركب إلى جزئين.



التنقية بالكهرلة

تُستخدم الكهرلة (التحليل بالكهرباء) في تنقية النحاس المشوب؛ وتُعرف هذه الطريقة بالتنقية الكهرلية. فيجعل الأنود من النحاس المشوب، والكاثود (المهبط) صفيحة من النحاس النقي في كهول من محلول كبريتات النحاس. عند إمرار الكهرباء في المحلول، ينتقل النحاس النقي من النحاس المشوب إلى صفيحة النحاس النقي، وترسب الشوائب في القاع.



الأنودة

إذا أُمر تيار كهربائي في محلول حامضي، وكان الأنود من الألومنيوم، يتكون الأكسجين حول الأنود ويتفاعل مع الألومنيوم مكوناً طبقة واقية من أكسيد الألومنيوم، ويُعرف هذا بالأنودة. وتعد رقائق الألومنيوم الملونة بصبغ هذه الطبقة الأكسيدية.

الأيونات المتحركة

عند إمرار الكهرباء في محلول كلوريد البوتاسيوم (بوكل) في الماء (هـ أ)، ينحل لا كلوريد البوتاسيوم فقط بل الماء أيضاً. وذلك لأن كلا أيونات البوتاسيوم وأيونات الهيدروجين، وكلاهما موجبة الشحنة، تتجه نحو الكاثود. وبما أن البوتاسيوم الشديد التفاعلية يُفضل البقاء في الحالة الأيونية، فإنه يبقى في المحلول ويُنْتَجَ غاز الهيدروجين فقط. أما أيونات الكلوريد والهيدروكسيد، وكلاهما سالبة الشحنة، فتتجه إلى الأنود، حيث يُنْتَجَ غاز الكلور فقط. فيما تبقى أيونات الهيدروكسيد في المحلول.

الطلاء بالكهرباء

لطلاء جسم ما، كمفتاح مثلاً، بطبقة فلزية رقيقة كهربائياً، يُجعل هذا الجسم كاثوداً، والأنود قطعة نقيّة من فلز الطلاء كالنحاس، فيما يحوي الكهرل مركباً من هذا الفلز (ككبريتات النحاس، مثلاً). عند إمرار التيار الكهربائي، تتحرك أيونات الفلز عبر المحلول وترسب على المفتاح فتطليه. وبالطريقة نفسها تُصنع غُلبُ التَّنك بطلاء صفائح الفولاذ بالقصدير كهربائياً.

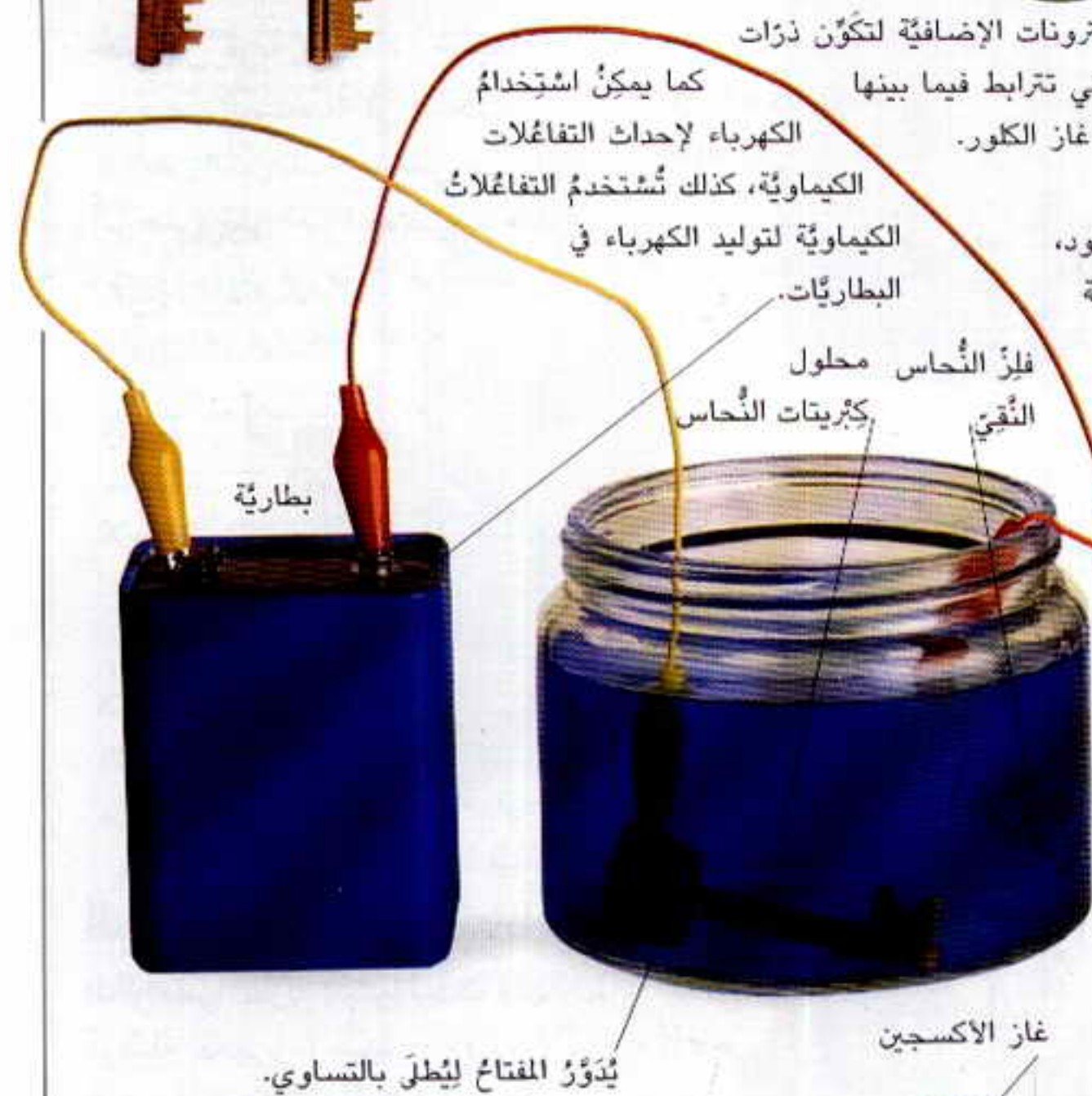
الماء

عند إمرار الكهرباء في الماء (هـ ب)، يتكون غاز الهيدروجين حول الكاثود وغاز الأكسجين حول الأنود. وحيث إن الماء يحوي ذرتين من الهيدروجين لكل ذرة واحدة من الأكسجين، فإن حجم الهيدروجين الناتج يكون ضعف حجم الأكسجين.



همفري ديفي

اشتهر همفري ديفي (١٧٧٨-١٨٢٩)، الكيميائي الإنكليزي، باختراعه مصباح الأمان للمعدنين الذي يحمل اسمه؛ لكنه كان أيضاً من أوائل مستخدمي التحليل بالكهرباء. فقد اكتشف الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم وعدداً آخر من الفلزات بواسطة فصلها عن مركباتها بالكهرلة. وفي عام ١٨١٣، عيّن ديفي مُساعداً له اسمه مايكل فارادي فتابع هذا أعمال ديفي وأصبح من مشاهير العلماء فيما بعد.



يُذَوَّرُ المفتاح لِيطْلَى بالتساوي.

لمزيد من المعلومات انظر

- التربط الكيماوي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- النحاس ص ٨٦
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٤



النصف الحامضي
من سلم الأس الهيدروجيني (هـ)

الحوامض (الحموض)

لقياس قوة الحوامض والقلويات يستخدم العلماء سلم الأس الهيدروجيني (هـ) الذي مداه من ١ إلى ١٤. وكلما ازدادت أيونات الهيدروجين في المحلول تزداد قوته الحامضية، وينخفض أسه الهيدروجيني (هـ)، الذي هو لكل الحوامض أقل من ٧.

٧ (شعاع)

٦

٥

٤

٣

٢

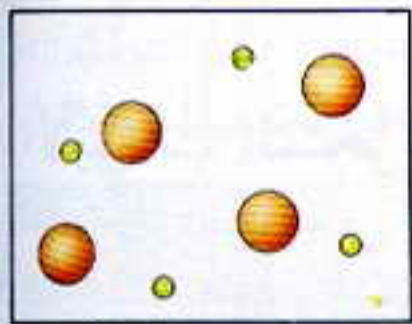
١



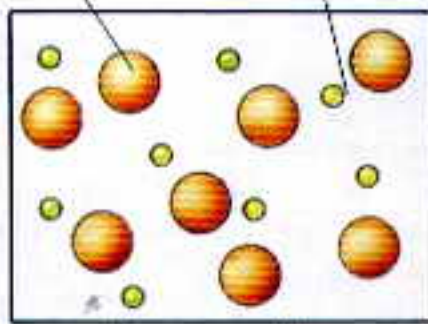
حوامض
ضعيفة (هـ عالي)
تحتوي الحمضيات كالليمون
والبرتقال حامض الليمون، وهو
حامض ضعيف، أسه الهيدروجيني
(هـ) عالي نوعاً، لكنه دون الـ ٧.

طعم الليمون حاد لأنه يحتوي حامض الليمون أو حمض الستريك. والحوامض واسعة الانتشار جداً، فمنها ما يوجد في التمثل (حامض التمثلي) وفي العنب (حامض الطرطر) وفي المشروبات الآزة (حامض الكربونيك) وفي بطاريات السيارات (حامض الكبريتيك) وحتى في معدنا (حامض الهيدروكلوريك). أما الحوامض القوية، كحامض الكبريتيك والنتريك، فهي حموض خطيرة لأنها تحرق الثياب والجلد، ويجب الحذر منها عند استعمالها في المختبرات. لكن بعض الحوامض الضعيفة، كالحموض المتواجدة في الفاكهة، يصلح للأكل أو مطبياً للطعام. والحموض كلها تحتوي الهيدروجين، وتذوب في الماء مكونة أيونات الهيدروجين الموجبة الشحنة. وهذه الأيونات هي المسؤولة عن خصائص الحوامض المميزة. كما إن عدد أيونات الهيدروجين التي يكونها الحمض في الماء هو مقياس لقوته، يعرف بالأس الهيدروجيني (هـ).

أيون هيدروجين موجب
أيون سالب



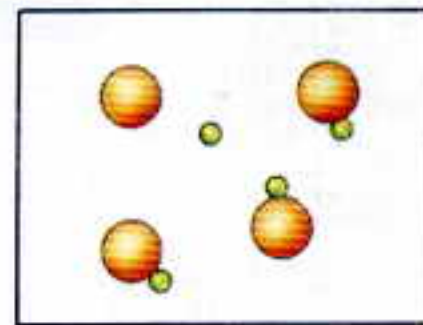
حامض قوي مخفف



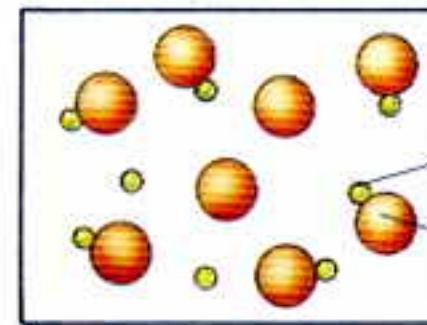
حامض قوي مركز

الحموض القوية

بعض الحوامض، كحامض النتريك والكبريتيك، هي حموض قوية لأن جزيئاتها تنحل بالكامل إلى أيونات هيدروجين وأيونات أخرى. وتبين قوة الحامض كم من أيونات الهيدروجين المنحلة هذه تتواجد في المحلول. يمكن تخفيف الحموض القوية بالماء، فتقل نسبة تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، وتتنخفض حمضيته (يزيد أسه الهيدروجيني هـ).



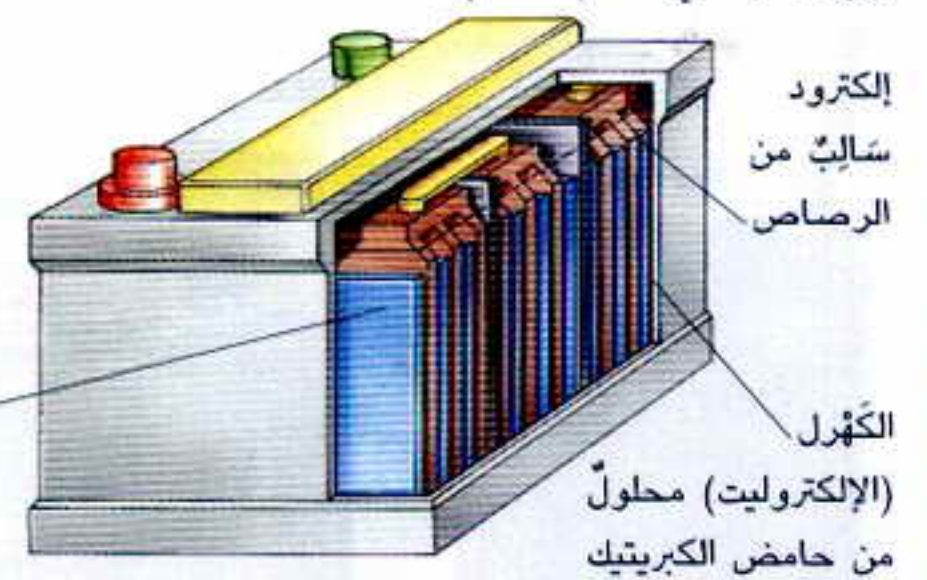
حامض ضعيف مخفف



حامض ضعيف مركز

حموض قوية (هـ منخفض)

الحموض المستخدمة في المختبر، كحامض الكبريتيك، حوامض قوية ذات أس هيدروجيني (هـ) منخفض. وحمض الهيدروكلوريك في معدنا هو حامض قوي يساعد في هضم الطعام.



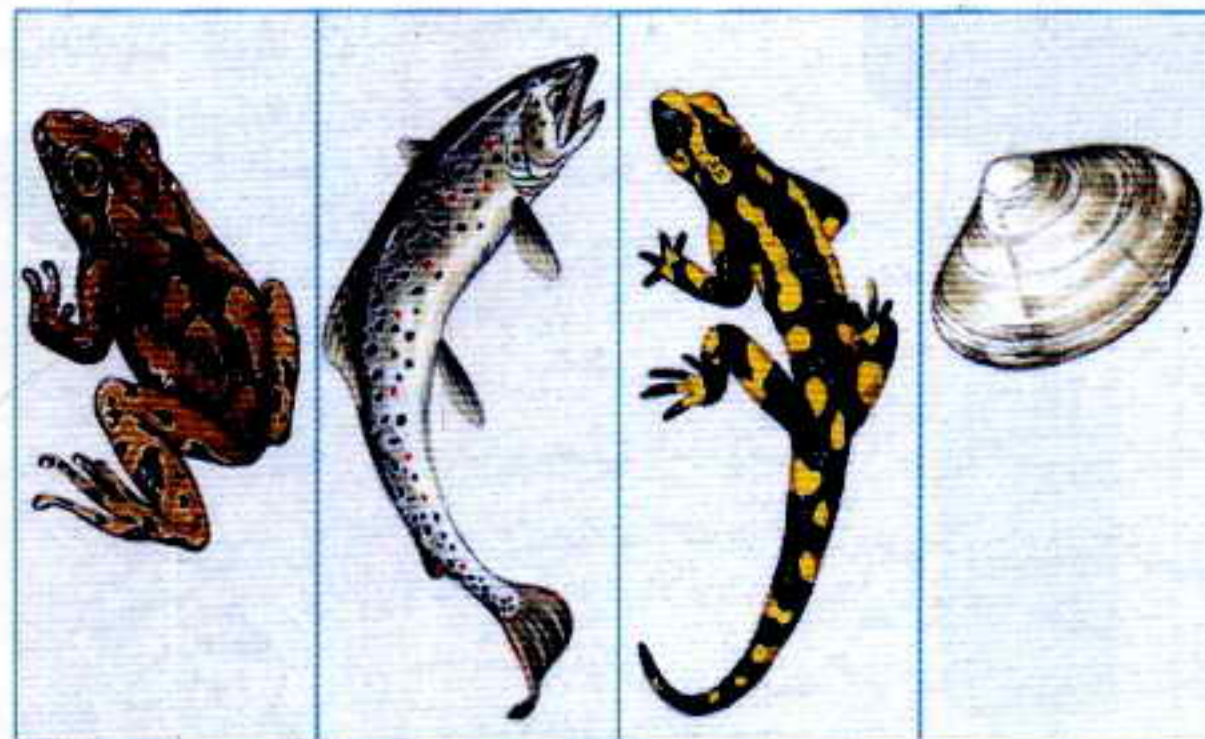
حامض التمثلي

حامض الميثانويك أو حامض التمثلي، ينتجه التمثل القارص ونبات الفريص طبيعياً. قديماً، كان حامض التمثلي يُحضّر بإغلاء النمل في قدر كبيرة؛ أما اليوم، فيمكن تحضيره من كيماويات أخرى. ويستخدم هذا الحامض لحفظ العلف الأخضر في أهراته وفي صناعة الورق والنسيج.



الماء الحامضي

تتلوث البحيرات والأنهار بالأمطار الحامضية، فتزداد حمضية المياه أي ينخفض أسها الهيدروجيني (هـ) وتصبح ضارة بالأسماك والأحياء المائية عموماً. بعض الحيوانات أكثر حساسية لتغيرات الأس الهيدروجيني هـ من سواها. فالمحار، مثلاً، لا يستطيع العيش في مياه أسها الهيدروجيني دون الـ ٦، في حين أن ضفادع الجراح تستطيع العيش في مياه أسها الهيدروجيني إنخفض إلى الـ ٤.



يموت الضفدع إذا هبط هـ الماء دون الـ ٤.
يموت سمك التروت إذا هبط هـ الماء دون الـ ٤,٥.
يموت السمندل إذا هبط هـ الماء دون الـ ٥.
يموت المحار إذا هبط هـ الماء دون الـ ٦.

المركم الحمضي الرصاصي

الحوامض القوية إلكتروليتات (كهارل أو سائل موصلة للكهرباء) جيدة - وذلك لأنها تنفك في الماء بالكامل إلى أيونات هيدروجين موجبة وأيونات أخرى سالبة. وهذه الأيونات ذات الشحنات الكهربائية يمكنها نقل التيار الكهربائي. في المراكم الحمضية الرصاصية المستخدمة في السيارات يستعمل حامض الكبريتيك كإلكتروليت، وتعمل الصفائح الرصاصية كالكترودات. هذه المراكم (أو البطاريات) تنتج الطاقة لبدء تشغيل محرك السيارة.

إصفرار أوراق الكتب

أوراق الكتب الجديدة ناصعة البياض، بينما تحول أوراق الكتب العتيقة إلى الصفرة. السبب هو أن الورق يحتوي كميات ضئيلة من الحمض؛ وهذه على مدى السنين تتفاعل ببطء شديد مع ألياف السليولوز فتعطّلها، ويحول لون الورق من البياض إلى الصفرة. إن ضوء الشمس يسرع هذا التفاعل، وقد يميل لون الورق إلى البني ويصبح قصفاً سريع التفتت.

الحامض مع الكربونات

إذا أضفت خلا (حامض الخليك) إلى كمية من بيكربونات الصودا في قارورة ذات سدّاد فليتي، يحصل على الفور تفاعل أزّي يُفكّك فيه الحامض البيكربونات وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون. وبتزايد كمية الغاز المتجمّع في القارورة يرتفع ضغطه فيقذف بالسدّاد الفلّيني بقوة وفرقة. إن تفاعل الحوامض مع الكربونات (وانطلاق ثاني أكسيد الكربون) هو من خواص الحوامض المميّزة. ويستفاد من هذا التفاعل في المطبخ. فمسحوق الخبيّر هو مزيج من زبدة الطرطير (ملح مؤلّد لحامض الطرطير) وبيكربونات الصودا. وهذان في الماء يُنتجان ثاني أكسيد الكربون الذي يُنفخ المعجنات.

التخليل

الحوامض مهلكة للكائنات الحيّة، لذا يمكن استخدامها حوافظ قاتلة للبكتيريا. فنحن نحفظ العديد من المأكولات كالصل والشمندر واللفت وغيرها في الخل (حامض الخليك)، ويعرف هذا بالتخليل.

الكائنات الحيّة المجهرية في محلول التخليل يحفظ الأطعمة من الفساد. وقد استُخدم التخليل على نطاقاتٍ أوسع قبل اختراع أجهزة التبريد.



ينطلق السدّاد الفلّيني من القارورة مدفوعاً بغاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من تفاعل الخل مع بيكربونات الصودا.



ينطلق غاز الهيدروجين مُبقّعاً بغنّيف.

أضيف الخل إلى بيكربونات الصودا

ملح خلاّات الصوديوم يبقى في القارورة

الرّمز التحذيري

الحوامض تبدو غالباً عديمة اللون كالماء، لكنها أكالة تُسبب حروقاً مبرحة. لذا تحمّل الأوعية المستخدمة في نقل الحموض رمّزاً يُعرّف بها ويُحذّر من خطورتها. وهكذا يتعرّف فريق المطافئ طبيعة الحامض وسبيل التعامل مع ما يراق منه.



الحوامض في المطر

ماء المطر كان دوماً قليل الحمضية، لأن ثاني أكسيد الكربون في الهواء يذوب فيه مُكوّناً حامض الكربونيك. غير أن حمضية المطر ازدادت كثيراً منذ أصبح معظم العالم مُصنّعاً. فاحتراق الوقود الأحفوريّ كالنفط يُطلق ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين في الهواء؛ وهذه تتفاعل مع الماء في السحب مُكوّنة حامض الكبريتيك وحامض النتريك. والمطر الحمضي يهدّد الكثير من المباني، بخاصة المُشاد منها بالحجارة الجيرية التي تتألف من كربونات الكالسيوم. وهذه تتفكّك بالحوامض بسهولة لتنتج ثاني أكسيد الكربون.



فعل الحامض في الورق

حامض الكبريتيك المُركّز حمضٌ أكالٌ جدّاً، وهو عامل إنكازٍ شديد الفاعلية ينزع الماء حتّى من المركّبات التي تحويه. فالورق يتألف من السليولوز، المادة النباتية المُركّبة من الكربون والهيدروجين والأكسجين. فعندما يتفاعل حامض الكبريتيك مع الورق، ينزع منه الماء (أي الهيدروجين والأكسجين)، تاركاً الكربون الأسود. وهكذا يبدو الورق كأنه حُرّق.



فعل الحامض في الفلزّات

لا أحد يخزّن الخلّ في وعاء فلزيّ، لأنّ الخلّ يتفاعل حينئذٍ مع الوعاء ببطء مُصدراً نشيئاً من غاز الهيدروجين. فالهيدروجين الذي هو من مُكوّنات الحوامض جميعها يُطرّد منها عند التقاء حامضٍ مع فلزّ ناشيط. فعندما يُصبّ حامض الهيدروكلوريك، مثلاً، على الخارصين (كما أعلاه)، تنزع فقائع الهيدروجين متغلّقةً بنشيشٍ بينيّ، لأنّ الخارصين يحلّ محلّ الهيدروجين في الحامض مُكوّناً كلوريد الخارصين.

اكتشافات الحوامض

القرن الحادي عشر. تعرّف الكيماويون العرب طرق تحضير حموض الكبريتيك والترك والهدروكلوريك.

١٦٧٥ إرتأى الكيماويّ الإيرلندي، روبرت بويل، خطأ أن الحوامض تحوي جسيمات خاصة تندسّ في فجوات الفلزّات وتفسّسها.

١٨٥٤ تُبيّن كتابات الكيماويّ الفرنسي أوغست لورنت، معرفته أن الحوامض كلّها تحوي الهيدروجين.

١٨٨٧ الكيماويّ السويدي، سقانت آرنيوس، يقول بأن جميع الحوامض تحوي أيونات الهيدروجين، وهذه الأيونات هي التي تُكسب الحوامض خصائصها المميّزة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الترايبّ الكيماوي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- المحاليل ص ٦٠
- القلويّات والقواعد ص ٧٠
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠

القلويات والقواعد

رُؤَادُ المُرُوجِ عندما تَلْسَعُهُمْ نَبْتَةُ القُرَيْصِ، يُسْرِعُونَ إلى مَسَحِ اللِّسْعَةِ بِعُشْبَةِ العِرْقِ المُسْهِلِ، فَيُبْطِلُ بِمَا فِيهَا مِنْ قَاعِدَةٍ طَبِيعِيَّةٍ مَفْعُولِ الحَامِضِ فِي لَسْعَةِ القُرَيْصِ. فالقواعدُ تُبْطِلُ مَفْعُولَ الحوامِضِ، لأنَّ القاعدِيَّةَ تعادِلُ الحَمْوضَةَ كيميائيًا. والقواعد الذَّوَابَةُ فِي المَاءِ تُسَمَّى قَلَوِيَّاتٍ، وَكِلَا النَوْعَيْنِ (القواعدُ والقَلَوِيَّاتُ) مُتَوَاجِدٌ حَوالِينَا فِي مُنْظَفَاتِ الأَفْرَانِ ومَوَادِّ التَّلْمِيعِ وَمَسَاحِيقِ التَّخْمِيرِ وَأَقْرَاصِ عُسْرِ الهَضْمِ وَفِي اللَّعَابِ وَالتَّبَاشِيرِ. بعضُ القَلَوِيَّاتِ كَالوَخْطَرِ جَدًّا، كَمَا الحَوَامِضُ، يُسَبِّبُ تَرَشَّاشَهُ عَلَى الجِلْدِ حُرُوقًا شَدِيدَةً. والقَلَوِيَّاتُ تَكُونُ فِي المَاءِ أيُونَاتِ الهَيْدُرُوكْسِيدِ (أه-)، الَّتِي تَتَفَاعَلُ مَعَ أيُونَاتِ الهَيْدُرُوجِينِ (ه+) فِي الحَوَامِضِ فَيُبْطِلُ (أَوْ تُعَادِلُ) حَمْضِيَّتَهَا. وَتُقَاسُ قُوَّةُ القَلِيِّ بِعَدَدِ أيُونَاتِ الهَيْدُرُوكْسِيدِ الَّتِي يُحْدِثُهَا القَلِيُّ فِي المَاءِ، وَتُقَاسُ هَذِهِ عَلَى سُلَّمِ الأَسِّ الهَيْدُرُوجِينِيِّ (ه+).



الصَّابُون

القَلَوِيَّاتُ صَابُونِيَّةٌ المَلْمَسَ عِنْدَمَا تُدَلِّكُ بَيْنَ الأصَابِعِ. وَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَتَفَاعَلُ مَعَ زَيْتِ الجِلْدِ وَتَسْرِعُ بِإِذَابَتِهَا. يُصْنَعُ الصَّابُونُ بِإِغْلَاءِ الدَّهْنِ الحَيَوَانِيِّ أَوْ الزَّيْتِ النَّبَاتِيِّ مَعَ قَلِيٍّ قَوِيٍّ كَهَيْدُرُوكْسِيدِ الصُّوْدِيُومِ (ص أ هـ).

القَلَوِيَّاتُ مِنَ الرَّمَادِ

الْعَرَبِيُّونَ أَخَذُوا كَلِمَةَ «قَالِي» مِنَ الْعَرَبِيَّةِ بِمَعْنَى رَمَادٍ يُتَّخَذُ مِنْ بَعْضِ النَّبَاتَاتِ. وَكَانَتِ القَلَوِيَّاتُ تُصْنَعُ فِيمَا مَضَى بِحَرْقِ الخَطَبِ وَالنَّبَاتَاتِ الْآخَرَى - فَتَحْضَرُ كَرْبُونَاتُ الصُّوْدِيُومِ مِنْ حَرْقِ النَّبَاتَاتِ الْبَحْرِيَّةِ، وَكَرْبُونَاتُ الْبُوتَاسِيُومِ



القَلَوِيَّاتُ مَعَ الفِلِزَّاتِ

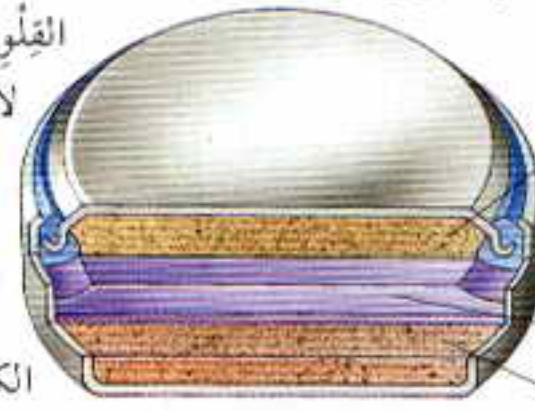
عِنْدَ صَبِّ مَحْلُولِ هَيْدُرُوكْسِيدِ الصُّوْدِيُومِ عَلَى قِطْعٍ مِنْ فِلِزٍّ الْمَغْنِيسِيُومِ، يُحْدِثُ الهَيْدُرُوجِينُ، الْمَتَكُونُ مِنَ التَّفَاعُلِ أَرِيْزًا شَدِيدًا، وَيَقِي هَيْدُرُوكْسِيدَ الْمَغْنِيسِيُومِ فِي الْقَارُورَةِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ هُوَ قَوَامٌ ثَبَتِيٌّ الْمَغْنِيسِيَا، الَّذِي يَتَنَاوَلُهُ النَّاسُ لِمُعَالَجَةِ عُسْرِ الهَضْمِ - إِذْ يُعَادِلُ الحَامِضَ الزَّائِدَ فِي الْمَعِدَةِ.

يَتَفَاعَلُ هَيْدُرُوكْسِيدُ الصُّوْدِيُومِ مَعَ قِطْعِ الْمَغْنِيسِيُومِ.



المُوصَلَّاتُ الْقَلَوِيَّةُ

القَلَوِيَّاتُ مُوصَلَّاتٌ جَيِّدَةٌ لِلْكَهْرَبَاءِ لِأَنَّهَا تَتَفَكَّكُ فِي المَاءِ لِتَكُونُ الأَيُونَاتِ. وَتُسْتَخْدَمُ القَلِيُّ القَوِيُّ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْبُوتَاسِيُومِ فِي الْبَطَّارِيَّةِ الْقَلَوِيَّةِ لِتَوْصُلِ الْكَهْرَبَاءِ بَيْنَ الْإِلِكْتُرُودَيْنِ.



إِلِكْتُرُودٌ سَالِبٌ مِنَ الْخَارِصِينَ
إِلِكْتُرُولَيْتٌ مِنْ هَيْدُرُوكْسِيدِ الْبُوتَاسِيُومِ
إِلِكْتُرُودٌ مُوجِبٌ مِنْ أَكْسِيدِ الزِّنْكِ



الرَّمْزُ التَّحْذِيرِي

مَحَالِيلُ القَلَوِيَّاتِ الْمُرَكَّزَةُ أَكْثَالُهُ يُمَكِّنُ أَنْ تُسَبِّبَ حُرُوقًا مُبَرَّحَةً. لِذَا تَحْمِلُ الْأَوْعِيَةُ الْمُسْتَخْدَمَةُ فِي تَخْزِينِ القَلَوِيَّاتِ أَوْ نَقْلِهَا عَلَامَةً تُحَذِّرُ مِنْ خَطَرِهَا.



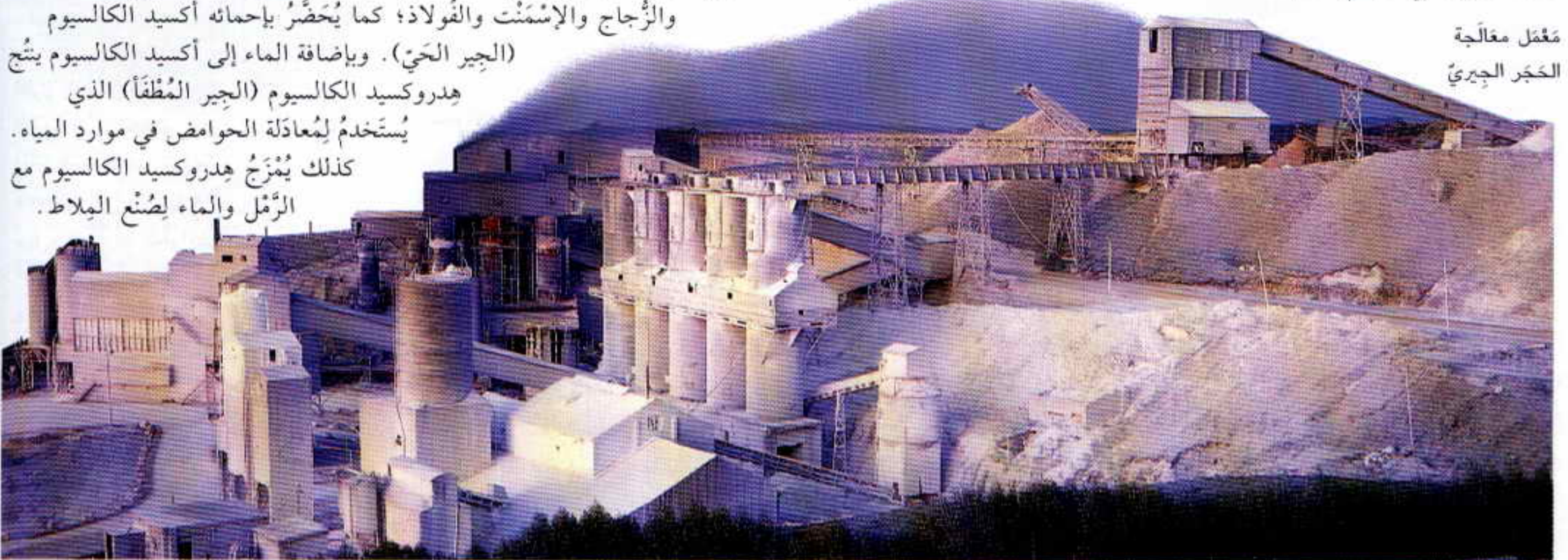
القَلَوِيَّاتُ فِي الْفَضَاءِ

اسْتُخْدِمَ رُؤَادُ الْفَضَاءِ فِي بَعَثَاتِ أُبُولُو الْفَضَائِيَّةِ قَلِيًّا هُوَ هَيْدُرُوكْسِيدُ اللَّيْثِيُومِ لِمُعَادَلَةِ مُسْتَوِيَّاتِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ الْخَطِرَةِ الَّتِي كَانُوا يَزِفُونَهَا. وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ النُّوعُ مِنَ التَّعَادُلِ أَيْضًا لِإِزَالَةِ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكَرْبُونِ فِي الْمَبَانِي الْمَكْنِيَّةِ.

مَعْمَلُ مَعَالِجَةِ الْخَبْرِ الْجَبْرِي

كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ

الأَصْدَافُ الْبَحْرِيَّةُ وَالْمَرْجَانُ وَالتَّبَاشِيرُ وَالْحَجَرُ الْجَبْرِي (الْكَلْسِي) وَالرَّخَامُ كُلُّهَا تَتَأَلَّفُ مِنْ كَرْبُونَاتِ الْكَالْسِيُومِ. وَهَذَا الْمَرْكَبُ بِأَلْبَغِ الأَهْمِيَّةِ فِي الصَّنَاعَاتِ الْكِيمَاوِيَّةِ لِتَصْنِيعِ الْأَسْمَدَةِ وَالزُّجَاجِ وَالْإِسْمَنْتِ وَالْفُؤْلَازِ؛ كَمَا يُحْضَرُ بِإِحْمَائِهِ أَكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ (الْجَبْرِ الْحَيِّ). وَبِإِضَافَةِ المَاءِ إِلَى أَكْسِيدِ الْكَالْسِيُومِ يَنْتُجُ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ (الْجَبْرِ الْمُطْفَأُ) الَّذِي يُسْتَخْدَمُ لِمُعَادَلَةِ الحَوَامِضِ فِي مَوَارِدِ المِيَاهِ. كَذَلِكَ يُمَزَّجُ هَيْدُرُوكْسِيدُ الْكَالْسِيُومِ مَعَ الرَّمْلِ وَالمَاءِ لِصُنْعِ الْمِلَاطِ.

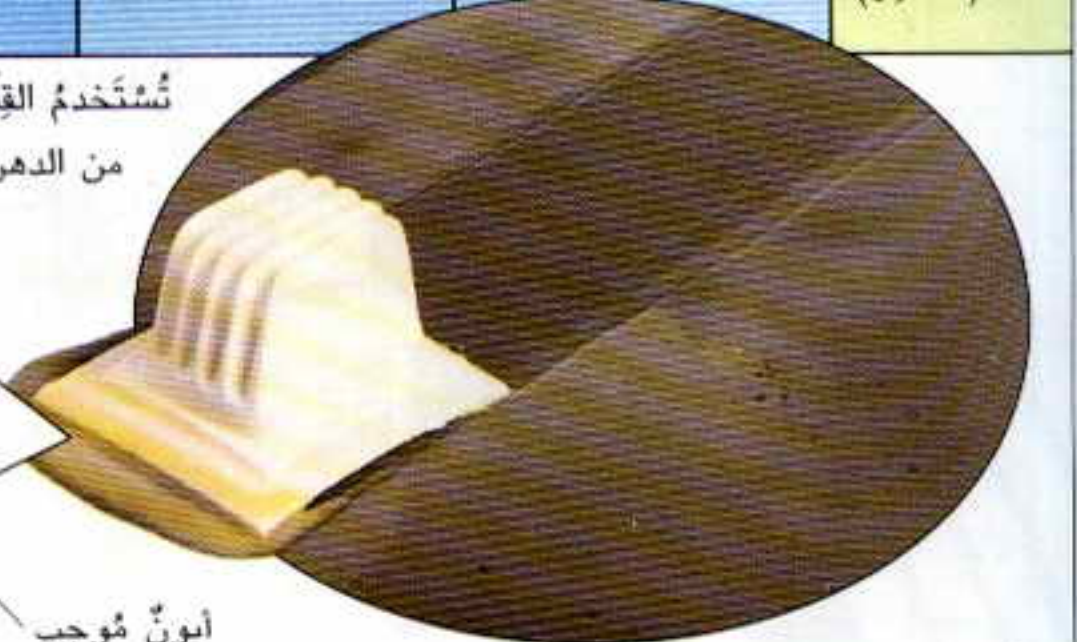


النصف القلوي من سلم
الأس الهيدروجيني (هـ)

كلما ازداد عدد أيونات الهيدروكسيد في محلول قلوي، تزداد قوته ويرتفع
أسه الهيدروجيني (هـ). وهذا الأس أكثر من ٧ لجميع القلويات.

٧ (مُعادل)	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
------------	---	---	----	----	----	----	----


تُستخدم القلويات للتخلص من الدهون والشحوم.



أيون موجب
أيون الهيدروكسيد السالب

في القلوي القوي، ينفصل الكثير من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة

تُستخدم القلويات لإزالة النحاس الأصفر.



أيون موجب
أيون الهيدروكسيد السالب

في القلوي الضعيف، ينفصل عدد قليل من أيونات الهيدروكسيد عن الأيونات الموجبة.

القلويات القوية

بعض القلويات، كهيدروكسيد الصوديوم والبوتاسيوم قوية لأن جميع جزيئاتها تتفكك إلى أيونات عند ذوبانها في الماء؛ وهكذا فهي تحوي الكثير من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (هـ) عالي. مُنظفات الأفران، مثلاً، تحوي قليلاً قوياً أكالاً هو هيدروكسيد الصوديوم الذي يتفاعل مع الترسبات الدهنية المحروقة المتكونة على جدران الفرن، خلال عملية الطبخ فيزِيلها.

القلويات الضعيفة

بعض القلويات، كهيدروكسيد الأمونيوم وبيكربونات الصودا، ضعيفة لأن القليل من جزيئاتها فقط يتفكك إلى أيونات في محلولها المائي. لذا فهي تحوي قليلاً من أيونات الهيدروكسيد، وأسها الهيدروجيني (هـ) خفيض. مُنظف النحاس الأصفر مُحلول قلوي ضعيف، وهو يعمل بحل طبقة الأكسيد التي تعلق سطح النحاس عندما يترك مُعرّضاً للهواء.

إضافة الكلس إلى الحقول والبحيرات

تزداد حموضة التربة والبحيرات بالمطر الحمضي. وهذه الحموضة الزائدة تُزيل بعض المغذيات الأساسية من التربة؛ لذا يلجأ المزارعون إلى مسحوق الكلس (هيدروكسيد الكالسيوم) يثرونه في حقولهم. فالكلس قاعدة قوية تُبطل فعل الحموضة في التربة؛ كذلك تُخفّض حمضية مياه البحيرات بإضافة الكلس إليها. إن إضافة الكلس تدير يُخفّف الضرر الناتج عن المطر الحمضي في الحقول والبحيرات، لكنه لا يعالج مسببات التلوث.



مزارع يُعالج حقله بالكلس.



لشعة النحلة مؤلمة لأنها تحوي حامضاً. ويمكن إبطال مفعولها بواسطة قلبي كالصابون.

مُنظف مُكَبَّر
لحمّة نحلة

التعادل

يحدث تعادل في كل مرة يتفاعل فيها حامض مع قاعدة ليُكوّن الماء مع مُركّب آخر يُسمى ملحاً. ويُستفاد من هذا التفاعل في معالجة بعض لَسَعَات الحيوَان والنبات. فإذا لَسَعَكَ زُنْبُور يُمكنك إبطال فعل اللسعة القلوية بواسطة حامض كعصير الليمون أو الخل. أما إذا لَسَعَكَ نَحْلَةٌ أو نملة، فيمكنك إبطال فعل اللسعة الحامضية بواسطة قلبي كبيكربونات الصودا. أما لَسَعَةُ القُرَيْض الحامضية فيمكن مُعالجتها بالذّلك بورق عُشْبَةِ العَرَق المُسهّل القلوية.



لشعة الزنبور مؤلمة لأنها تحوي قليلاً. ويمكن إبطال فعلها بواسطة حامض كالخل.

القلويات في وبأ الطاعون

في القرن السابع عشر اجتاحت مرض الطاعون مدينة لندن في إنكلترا فقتل قرابة ٨٠٠٠٠ نسمة عام ١٦٦٥. وكانت الجثث تُدفن في مقابر جماعية وتُغطى بالكلس (الجير الحي)، وهو قلبي قوي، لتسريع انحلالها.



مطفأة الحريق

تعمل بعض مطفأء الحريق باستخدام تفاعل التعادل بين حامض وقاعدة. فهي تحوي حمض الكبريتيك وبيكربونات الصودا اللذين يمتزجان ويتفاعلان عندما تُقَلَّب المطفأة رأساً على عقب يُنتج الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون. ويدفع ضغط الغاز رُغَاوَةً سائلة وفقايع ثاني أكسيد الكربون من مُنفث المطفأة.



التفاعل الأزرق للحامض مع القلبي يدفع الرغوة عبر المنفذ لإطفاء الحريق.

لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- قياس الحمضية ص ٧٢
- الأملاح ص ٧٣
- صناعة القلويات ص ٩٤

قياس الحمضية

هل لاحظت التغير الخفيف في لون الشاي عند إضافة قطعة ليمون إليه؟ فالشاي في هذه الحالة يعمل ككاشف كيميائي مبين أن الليمون قد زاد الحمضية. وتستخدم بعض الكيماويات الملونة بالطريقة نفسها لتمييز المحلول الحمضي من القلوي. ويدعى المقياس النسبي لحمضية المحلول أو قلويته H^+ (اختصاراً للأس أو الرقم الهيدروجيني)، وهو مدرج سلمياً من ١ إلى ١٤، تبعاً لعدد أيونات الهيدروجين في المحلول. فإذا كان $H^+ = ١$ ، فالمحلول يحوي الكثير جداً من أيونات الهيدروجين، وهو حمض قوي. وإذا كان $H^+ = ١٤$ ، فالمحلول يحوي القليل جداً من أيونات الهيدروجين، وهو قلوي قوي. أمّا المحاليل المتعادلة فالأس الهيدروجيني لها $H^+ = ٧$.



الكواشف

هناك العديد من الكواشف التي تبيّن حمضية المحلول أو قلويته. ولعل أجداها عملياً مزيج من الأصباغ يُعرف بالكاشف العام، يتغير لونه على مدى سلم الأس الهيدروجيني كله من الأحمر $H^+ = ١$ (للحامض القوي جداً) إلى الأزرق $H^+ = ١٤$ (للقلوي القوي جداً). ويمكن استخدام الأصباغ المستخرجة من الفواكه والخضار، كالاجاص والبصل والملفوف الأحمر، ككواشف لأن ألوانها تتغير بتغير H^+ .

فصير الملفوف الأحمر، مثلاً، يتغير من الأحمر في حامض قوي، مروراً بالقرنفلي فالأرجواني فالأزرق ثم الأخضر في قلوي قوي.



الفينولفثالين قرنفلي غامق فوق $H^+ ٩,٥$



الفينولفثالين عديم اللون تحت $H^+ ٨,٥$

الكواشف المخبرية

يستخدم العلماء غالباً كواشف مخبرية خاصة حساسة لمساعدتهم في التحديد الدقيق للكمية الأدي من الحامض التي تضاف إلى القلي لتعادله تماماً. ونذكر من هذه الكواشف اثنين هما برتقالي الميثيل والفينولفثالين اللذان يغيران لونهما عند قيم بالغة الدقة للأس الهيدروجيني.



برتقالي الميثيل أحمر تحت $H^+ ٣$



برتقالي الميثيل أصفر فوق $H^+ ٨$



برتقالي الميثيل برتقالي بين $H^+ ٤$ و ٨ .

مقياس الأس الهيدروجيني

يمكن قياس الأس الهيدروجيني لمحلول ما بدقة بمقياس H^+ . ويستخدم هذا الجهاز إلكتروداً لقياس تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ويعرض قيم H^+ للمحلول رقمياً، أو بواسطة إبرة على مقياس مدرج.



حموضة التربة

الأس الهيدروجيني (H^+) للتربة مهم للمزارعين فبعض النباتات تنمو فقط في مدى معين منه. فالمناطق الكلسية ذات تربة قلوية عادة (H^+ من ٧ إلى ٧,٥). أما المناطق الرملية والصُلصالية السبخة والخثية فهي عادة ذات تربة حمضية (H^+ من ٦,٥ إلى ٧). نبات الخننج مثلاً، يألف التربة الحمضية، لذا نجده يغطي الأراضي البرية السبخة غالباً. زهور الأظنسية زهور الأظنسية في حمراء في التربة القلوية. التربة الحمضية زرقاء.



الكواشف الطبيعية

بعض النباتات هي كواشف طبيعية؛ فلون زهر الأظنسية تحدده حمضية التربة أو قلويتها. وصيغ عبّاد الشمس كاشف معروف نحصل عليه من نبات أشنة الصباغين. لون عبّاد الشمس أحمر في الحوامض وأزرق في القلويات.

القلويات تُحول لون ورق عبّاد الشمس إلى الزرقاء. الحوامض تُحول لون ورق عبّاد الشمس إلى الأحمر.



يجب مُداراة محاليل الغدسات اللاصقة والخفّن كيلا يتغير الأس الهيدروجيني لسوائل الجسم.

العوامل الدائرة

أحياناً، لا نريد تغيير H^+ للمحلول. ففي الجسم، مثلاً، تحصل معظم التفاعلات ضمن مدى ضيق للأس الهيدروجيني. إن تغيراً بمقدار ٠,٥ في H^+ الدم قد يؤدي إلى الموت. ولمنع ذلك يُنتج الجسم موادّ دائرة تعادل أيّ تغيرات حمضية أو قلوية ليظل H^+ الدم ثابتاً. وللسبب نفسه، يجب أن تُدرأ الحفّن الوريدية بعناية بالغة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الهيدروجين ص ٤٧
- التفاعلات العكوسة ص ٥٤
- المحاليل ص ٦٠
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- الحوامض ص ٦٨
- القلويات والقواعد ص ٧٠

الأملاح

مياه البحر مالحة لأن الأملاح في غالبيتها ذوّابة في الماء، فتحملها الأنهار من اليابسة إلى البحر حيث يتزايد تركيزها فيه على مدى الدهور (لأن الماء المُتبخر لا يحوي ملحًا).
الأملاح كثيرة جدًا ومتعددة الأنواع، وما ملح الطعام إلا واحد منها. وهي في الواقع كيماويات مفيدة واسعة الاستعمالات تشمل الأدوية والجبس والبارود والطباشير وخضب الدهانات ومبيدات الحشرات والأسمدة وسواها. والملح، كيماويًا، مركّب من فلز (أو شقّ فلزيّ) ولا فلز (أو شقّ لافلزيّ)، مترابطين معًا برابط أيونيّ، يتولّد من تفاعل حامض مع فلز أو قاعدة. وتشكّل الأملاح بلّورات جميلة في كثير من الحالات.

يتألّف ملح الطعام من
أيونات الصوديوم
(ص⁺) وأيونات
الكلوريد (كل⁻).



أملاح الجسم

لعلّك تذوّقت طعام الملوحة في عرّك مرّات عديدة؛ فأنت كلّما تعرّق تفقد بعض الملح من جسمك. والملح مادة حيويّة لقيام الجسم بوظائفه على الوجه الصحيح؛ وفقدانه منه قد يؤدي إلى التجفاف فالإنهيار. لذا ينصح الأطباء المسافرين إلى بلاد حارّة بأخذ أقراص ملحيّة تُعوّض ما يفقدونه من الأملاح بالتعرق.



خلية عصبية

الأعصاب

تنتقل الرسائل في جسمك كإشارات أو دفعات كهربائية على طول الألياف العصبية. وتعبّر هذه الإشارات الفجوة بين ليفتين بواسطة أيونات البوتاسيوم والصوديوم المتواجدة في سائل الخلايا. هذه الأيونات الحيويّة مضدّرها الأملاح التي تتناولها في طعامك.



بلّورات
كبريتات
النحاس
الزرقاء

الأسر الملحّية

في ملح ما، كملح كبريتات النحاس، يأتي الشقّ الفلزيّ (النحاس) من القاعدة (أكسيد النحاس) والشقّ اللافلزيّ (الكبريتات) من الحامض (حامض الكبريتيك). وهكذا فإن لكلّ حامض أسرة من الأملاح - فحامض الكبريتيك يُنتج الكبريتات، وحامض السّترك يكون السّترات، إلخ. ولكلّ قاعدة أيضًا أسرة من الأملاح. فأكسيد النحاس مثلاً، يُنتج دائماً أملاح النحاس.

تبدأ بلّورات كبريتات النحاس الدقيقة بالظهور مع تبخّر ماء المحلول بالحرارة.



الحرارة
المتولّدة من
حاروق بنّزن
تبخّر الماء من المحلول
تاركّة الملح في البوتقة.

الأملاح الطبيعيّة

يتألّف معظّم المعادن والخامات من الأملاح؛ فمنها مثلاً، الحجر الجيري (كربونات الكالسيوم) والجبس (كبريتات الكالسيوم) والفلوريت (فلوريد الكالسيوم). وتشكّل جميع الأملاح بلّورات جميلة إذا ما توافرت لها ظروف النماء المؤاتية.



بلّورة
فلوريت

تكوّن الأملاح غالباً بلّورات جميلة.

حامض الكبريتيك
المُخفّف



ينتج محلول أزرق من كبريتات النحاس، عندما يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس الأسود.

كيف تُحضّر ملحاً

تُحضّر الأملاح بتفاعل حامض مع قاعدة لتكوين ملح وماء. فإذا أحمي مزيج من أكسيد النحاس الأسود (قاعدة) مع حامض الكبريتيك المُخفّف، ينتج محلول أزرق. في هذا التفاعل تعادل القاعدة الحامض وينتج ملح ذوّاب هو كبريتات النحاس. وعند تبخير المحلول بالتسخين تحصل على بلّورات كبريتات النحاس الزرقاء.

يُجلّى النحاس بليمونة. هذا التنظيف يُولّد ملحاً ذوّاباً في عصير الليمون الحامض.

نحاس كأميد اللون



ملح نحاسي

يتفاعل النحاس بسهولة مع أكسجين الهواء، فيكمّد لونه بطبقة رقيقة من أكسيد النحاس تفقده بريقه. عند جّلو النحاس المكمّد بعصير الليمون الحامض (حامض السّترك) يتفاعل الحامض مع أكسيد النحاس (قاعدة) ليكون ملحاً ذوّاباً (سّترات النحاس) وماء. وبذوبان هذا الملح في الماء، يعود النحاس نظيفاً وبراقاً.

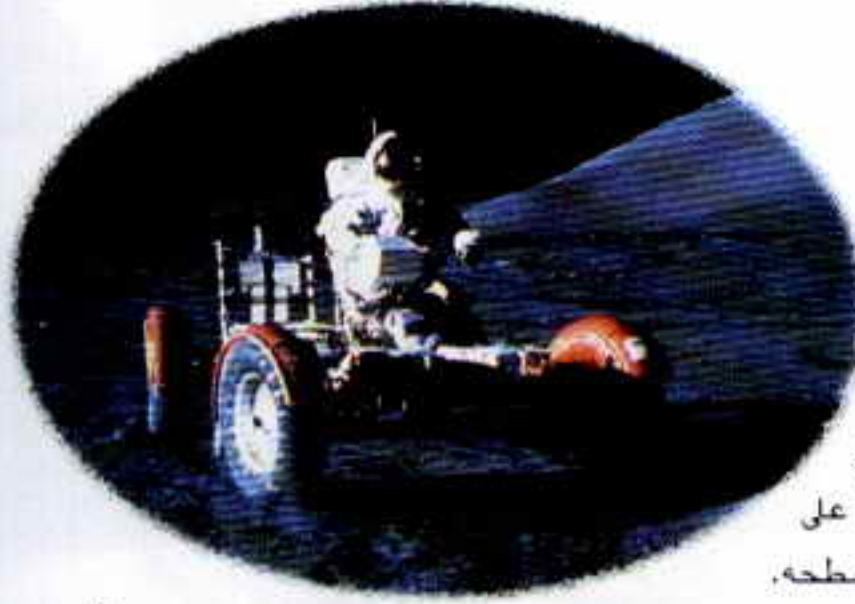
لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- البلّورات ص ٣٠
- المركّبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- الحوامض ص ٦٨
- القلويّات والقواعد ص ٧٠

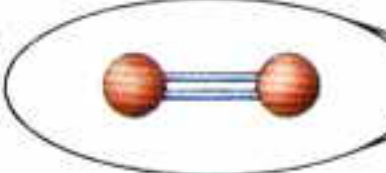
كيمياء الهواء

يحتوي الهواء عدّة
غازات مختلفة
عديمة
اللون.

الهواء الحيوي اللامرئي الذي يحيط بنا على الدوام هو مزيج من غازات مختلفة يؤلف النتروجين والأكسجين ٩٩٪ منها. ويسهم الإنسان باستمرار عن طريق التنفس والأنشطة الصناعية المختلفة في تغيير تركيب الهواء؛ وتعادل النباتات بعض هذه التغيرات في عملية التخليق الضوئي. يشكّل هواء الجو درعاً واقية تُرشح ضوء الشمس من الأشعة فوق البنفسجية المؤذية، وتسمح بمرور الأشعة المرئية والأشعة دون الحمراء التي نعتد عليها كمصدر للضوء والحرارة؛ كما يعمل الهواء أيضاً كطبقة عازلة تمنع التدني أو الارتفاع الأقصى في درجة الحرارة. فلولا الهواء لكانت الأرض كما القمر - حارة جداً نهاراً، وباردة جداً ليلاً.

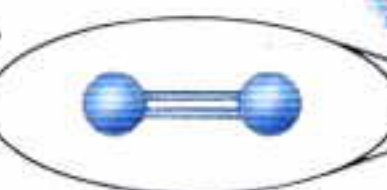


يؤلف النتروجين ٧٨٪
من حجم الهواء.



لا يمكن استخدام
السيارات العاملة
بالبنزين على
سطح القمر. لذا
استخدم رواد القمر
سيارة كهربائية على
سطحه.

يؤلف الأكسجين
٢١٪ من الهواء
(بالحجم).



يؤلف الأرجون
٠,٩٪ من الهواء.



تؤلف الكميّات الصغيرة من
الغازات الأخرى ٠,٠٧٪ من الهواء.

على الأرض، تأخذ
السيارة الهواء باستمرار؛
فاكسجين الهواء ضروري
لحرق البنزين - والطاقة المنطلقة
في التفاعل تُسيّر السيارة.



يؤلف ثاني أكسيد الكربون
٠,٠٣٪ من الهواء.

الهواء عماد الحياة

تعتمد الحياة بمختلف
أشكالها على الهواء من
أجل البقاء. فالإنسان
يستخدم أكسجين الهواء

ليُحوّل طعامه إلى طاقة؛ ويؤثر ثاني أكسيد
الكربون. والنباتات في عملية التخليق الضوئي
تحوّل ثاني أكسيد الكربون من الهواء إلى
أغذية، كالسكريات، تحتاجها في عملية النمو.

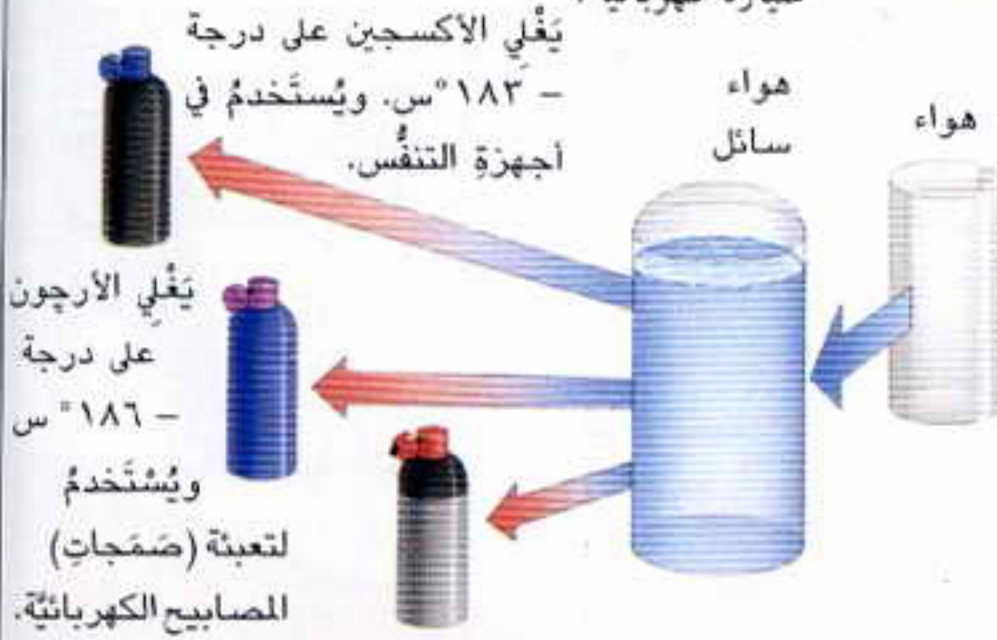


اكتشافات علمية

١٧٥٤ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، جوزيف
بلاك، ثاني أكسيد الكربون في الهواء.
١٧٧٢ اكتشف الطبيب الاسكتلندي، دانيال
روذرفورد، النتروجين في الهواء.
١٧٧٤-٧٩ جوزيف بريستلي (البريطاني)
وأنطوان لافوازييه (الفرنسي) اكتشفا الأكسجين
في الهواء، مُستقلين.
١٨٩٢-٩٨ اكتشف العالمان البريطانيان، السير
وليم رامزي واللورد رايلي، أن الهواء يحتوي
غازات خاملة.

الهواء من نعم الأرض

بحكم العادة، نسي أحياناً أننا مُحاطون
بالهواء؛ وأن كثيراً مما نفترضه أمراً طبيعياً عادياً
قد لا يحدث بدونهُ. فلو اصطحب روادُ
الفضاء سيارةً عاديةً إلى القمر لما أمكنهم
استخدامها لانعدام الهواء في جوّه. وهم قد
استخدموا فعلاً، في تجوالهم الاستطلاعي القمري،
سيارةً كهربائيةً.



تقطير تجزئي للهواء

يحتوي الهواء بعض الغازات المهمة. وهذه يمكن فصلها بعملية
التقطير التجزئي؛ فيُسبّل الهواء بتبريده إلى درجة حرارة خفيفة
جداً. ثم يُترك ليسخن، فتتبخّر الغازات غير متوافقة ويُجمع كلُّ
غاز على حدة لأن لكل منها درجة غليان مختلفة.

جودة الهواء

لقد تسببت الأنشطة البشرية
في تغيير تركيب الهواء.
فمثلاً، قبل أن تأخذ
مستويات الكبريت في
الهواء بالارتفاع، قُرابة
العام ١٦٠٠، لم يكن تنظيف



الفضة ضرورياً. وقد حدثت التغيرات الكبرى بعد الثورة الصناعية في القرن
التاسع عشر، حينما بدأ الناس يحرقون الوقود الكربوني على نطاق واسع. ونحن
نعلم أن ثاني أكسيد الكربون اليوم يؤلف نسبة أكبر من الهواء عما كانت عليه
سابقاً. فمن واجبتنا جميعاً التحكم بمستويات التلوث المنطلق في الهواء لحماية
الحياة على سطح الأرض.

لمزيد من المعلومات انظر

- النتروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- سلوك الغازات ص ٥١
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- الجو ص ٢٤٨

كيمياء الماء

لو طلبت إلى شخص عادي أو عالم مُتخصّص أن يسمّي بضعة من أشهر المواد وأهمّها، لكان الماء في رأس هذه المواد رغم كونه ذلك السائل المُبتذل العديم اللون والطعم والرائحة. كيميائيًا، الماء مُركَّب يتألّف جزيئته من ذرتين من الهيدروجين وذرة من الأكسجين - فصيعته إذاً H_2O . وهو كيميائيّ ذووَبُ الفاعلية ومُذيب عامٌ جيدٌ بحيث يكاد لا يوجد في حال النقاوة الكاملة مُطلقًا حتى في المطر. والماء بالغ الأهمية للكائنات الحيّة، فهو يُكوّن الجزء الأكبر من مادة جسم الإنسان - كما يحمل المغذيات إلى سائر خلاياه ويخلصه من فضلاته.

عدّد الجزيئات في نقطة ماء واحدة أكثر من ملايين النجوم التي تُشاهد في السماء.

قد يصل مُحتوى الشخص النحيل من الماء ٧٥٪، بينما هو في السمين ٥٥٪ فقط.

قُرابة ثلثي وزن جسم الإنسان ماء.



تحتوي

البندورة ٩٥٪ من وزنها ماء.

تُغطّي المياه فوق ٧٠٪ من سطح الأرض.



الماء في كل مكان

الماء أكثر المُركّبات الكيميائية وفرة إذ يُغطّي فوق ال ٧٠٪ من سطح الأرض. ويبلغ مُعدّل مُحتوى جسم الإنسان من الماء حوالي ٦٥٪ من وزنه، كما تتألّف بعض المأكولات في معظمها من الماء، فتحتوي ثمار البندورة، مثلاً ٩٥٪ من وزنها ماء. وفي مختلف أماكن تواجده هذه يقوم الماء بتفاعلات ووظائف كيميائية مهمّة.

الماء الجامد

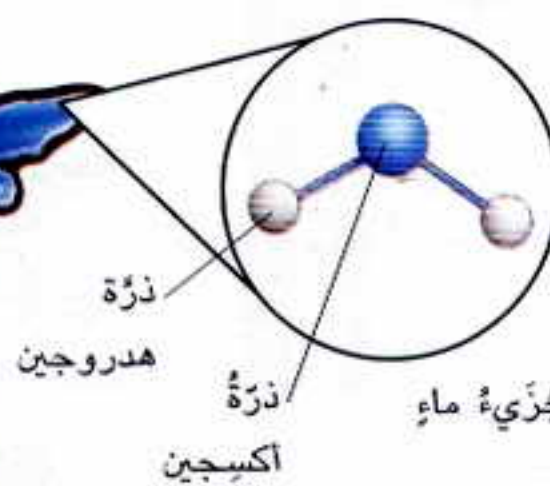
بخلاف معظم المواد الأخرى، يتمدّد الماء خلال تحوُّله إلى جليد. فعندما تتضامّ جزيئات الماء لتكوّن الجليد تنضمّ ذرة هيدروجين من أحد الجزيئات إلى ذرة أكسجين في جزيء آخر، فيتكوّن شكلٌ سداسي ذو خيّر خاوٍ في الوسط. ويفسّر هذا التشكُّل ظاهريّين، أولاً كون الجليد أخف من الماء، وثانياً تشكُّل الشكل السداسي التراتبي للكسف الثلجيّة.

التسخين يُفقّد بلّورات كبريتات النحاس لونها الأزرق، والماء يعيد إلى البلّورات المبيضة زرقاتها.



ماء التبلور

تحتوي مُركّبات كثيرة جزيئات ماء مُحتبسة في بلّوراتها. هذا الماء هو ماء التبلور ويمكن نزعُه بالإخما. فإذا سُخّنت بلّورات كبريتات النحاس الزرقاء تفقّد ماء التبلور ويبيّض لونها. ولا تعود إلى هذه البلّورات المبيضة زرقاتها إلا بإضافة الماء. وتُستخدم هذه الظاهرة كيميائيًا كاختبار للكشف عن وجود الماء.



الماء في الهواء

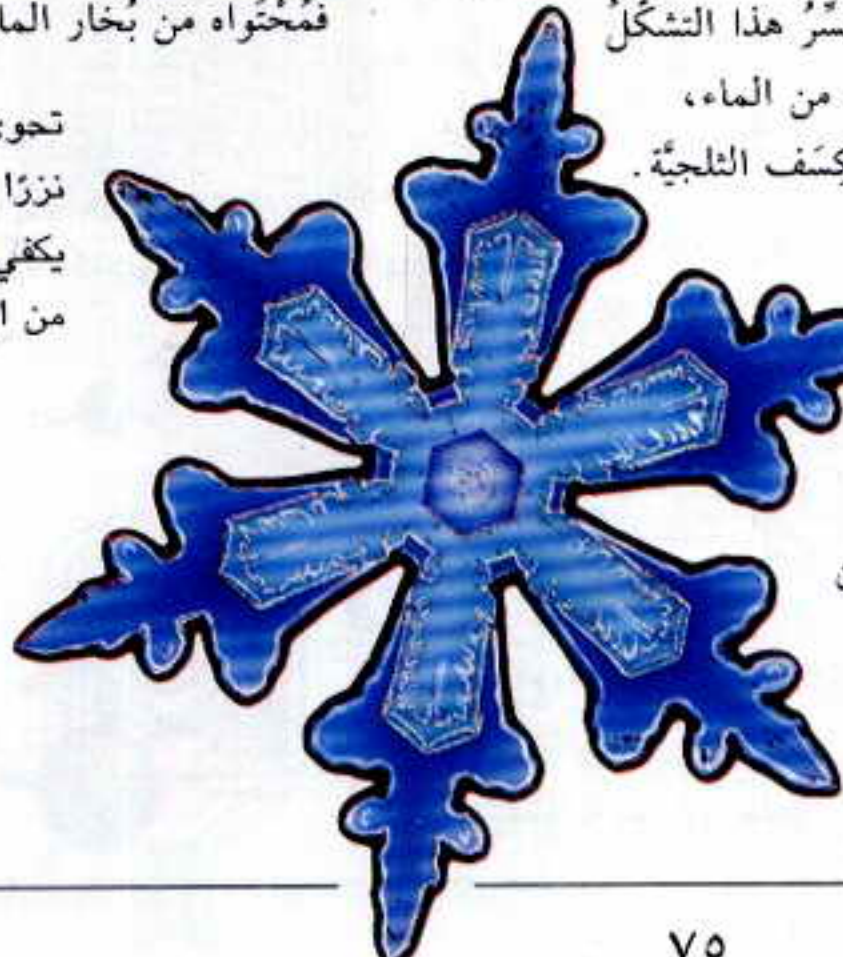
في يوم رطب، يحوي الهواء كمّيّة كبيرة من بخار الماء (حوالي ٥٪ من وزنه)؛ والرطوبة النسبيّة هي مقياس لكمّيّة الماء في الهواء. أمّا الهواء الجاف، كهواء الصحارى، فمُحتواه من بخار الماء نزر يسير.

تحتوي الصحارى نزرًا من الماء لا يكفي لعيش الكثير من الأحياء.



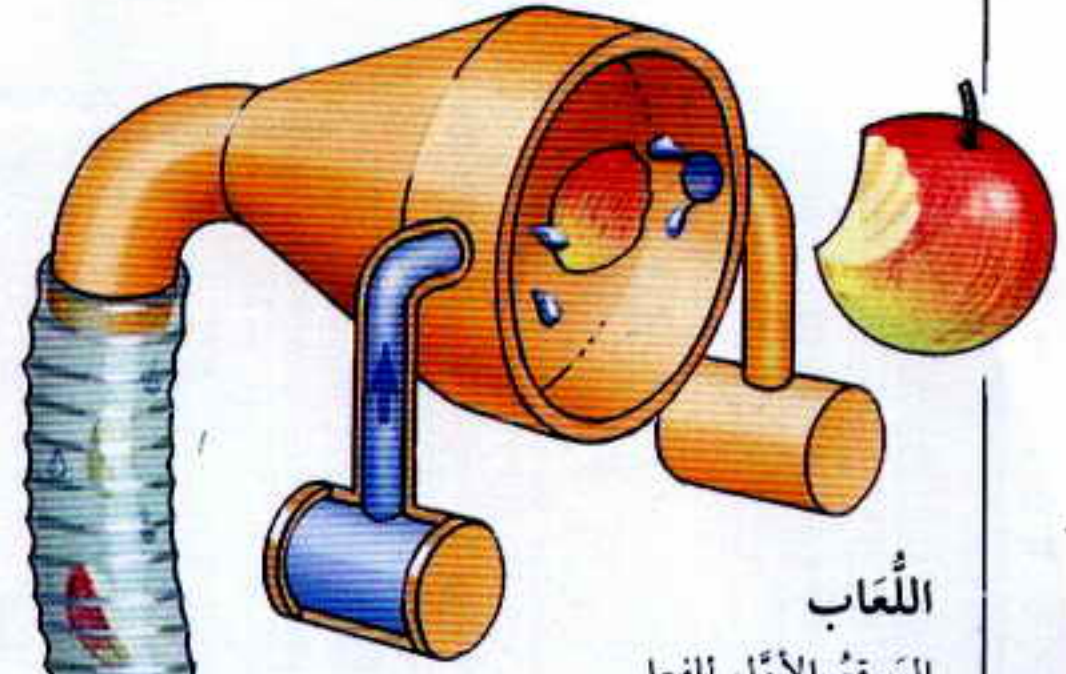
لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- البلّورات ص ٣٠، المحاليل ص ٦٠
- الماء - مُعالجته وصناعاته ص ٨٣
- الرطوبة ص ٢٥٢
- الثلج ص ٢٦٦



كيمياء الجسم البشري

جسم الإنسان مصنع كيميائي مُتَنَقِّلٌ مُهَيَّأٌ لمعالجة موادّه الخام كالطعام والماء والأكسجين على الوجه الأكمل. بعد التغذية، تمرّ هذه الموادُ بسلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقّدة، تُعرف بالاستقلاب (أو الأيض)، مُولّدة الطاقة التي يحتاجها الجسم للقيام بوظائفه. إحدى سلاسل هذه التفاعلات تفكّك جزيئات الطعام الكبيرة في عملية الهضم إلى جزيئات أصغر، كالغلوكوز، يُمكن سريانها إلى مجرى الدّم. وينتقل الدّم الغلوكوز إلى الكبد حيث يُخترن كوقود جُسْمانِيّ. وفي عملية التنفّس الخلوي تبتعث خلايا الجسم الطاقة من الوقود المُمثّل. أمّا الفضلات فتُنقَلُ إلى نهاية خطّ المصنع البشريّ للتخلّص منها.



اللُعَاب

الموقع الأوّل للفعل

الكيميائيّ على الطعام هو الفم حيث يتدفّق اللُعَاب من الغدد اللعابية على الطعام فيمتزج به خلال عملية المضغ. واللُعَاب مزيّج مائيّ يحوي أنزيم الأميلاز الذي به يبدأ تفكيك النشا. ولما كان الأميلاز لا يعمل إلّا في وسط قلويّ، فإنّ اللُعَاب قلويّ طفيف نوعاً.

الغلوكوز أحد مُنتجات الهضم

يتلقّى الطعام في المعى الدقيق، عبر قناة الصفراء، مزيّجاً فعّالاً من الكيماويات هو الصفراء. وهي سائل من مُفرزات الكبد، يُخترن في كيس المرارة، يحوي أملاحاً قلوية تُساعد في تحلّل الدهون. وتُستكمل عملية الهضم بأنزيمات من البنكرياس ومن جدران المعى الدقيق. ويجري نقلّ الغلوكوز، الذي هو أحد مُنتجات مُجمّل هذه التفاعلات، إلى الكبد.

بينما انزيمات المعدة جادّة في عملها، تعمل تقلّصات جدار المعدة كميخاضة تُحقّق الطعام وتحوّله إلى مائع يُدعى الكيموس.



المعدة
حال وصول الطعام إلى المعدة، يبدأ تقلّبه مع عضارات المعدة المُنبّية من غددها. وتحتوي هذه العضارات حامضاً قوياً هو حمض الهيدروكلوريك وأنزيمات عديدة؛ ويعمل الحمض على قتل الجراثيم في الطعام ويُنشّط أنزيم الببسين ليقوم بتفكيك البروتينات.

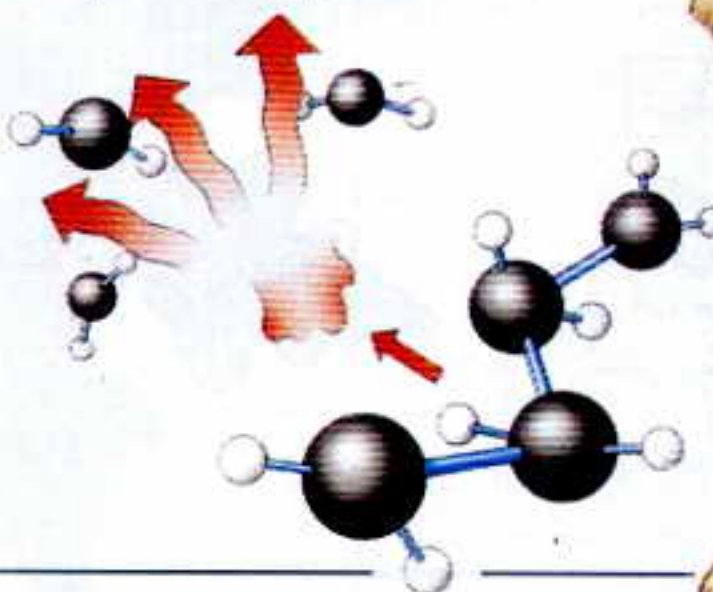
يُصنّع حمض الهيدروكلوريك في الغدد المعدية بتفاعل كيميائيّ يُشبه فيه ثاني أكسيد الكربون والماء وملح الطعام.

الاستقلاب الهدمي (التقويض)

بعض التفاعلات الكيميائية في الجسم تُولّد طاقة. فالتنفّس مثلاً، يُطلق طاقة بتفكيك الغلوكوز إلى جزيئات أصغر. وهذه الطاقة لا تُولّد نتيجة لتفكّك روابط الغلوكوز بل نتيجة لتكوّن روابط أقوى في الجزيئات الأصغر. وتُدعى التفاعلات المطلقة للطاقة تفاعلات تقويضية. والعملية بأكملها الاستقلاب الهدميّ.

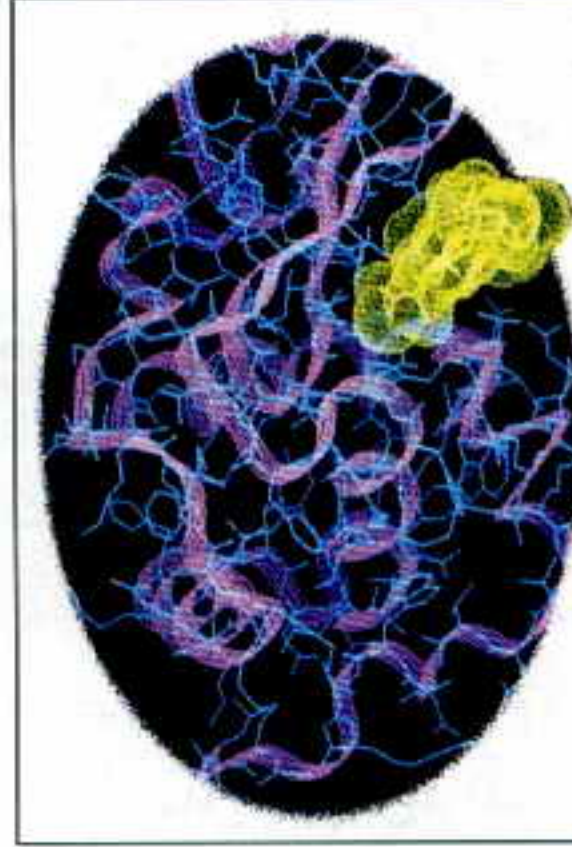
الاستقلاب البناء (الابتناء)

التفاعلات الكيميائية التي تنطوي على بناء تراكيب مُختلفة في الجسم هي تفاعلات ابتنائية. وهي، بخلاف التفاعلات التقويضية، تستهلك الطاقة، لا تبتعثها. وتستفيد هذه التفاعلات الطاقة اللازمة من جميع التفاعلات التقويضية في الجسم. فتركيب بروتينات الدّم مثلاً، ينطوي على بناء جزيئات كبيرة معقّدة من جزيئات بسيطة، ممّا يستفيد كمّيّات كبيرة من الطاقة، فهو إذاً تفاعل ابتنائي والعملية نفسها تُدعى ابتناء.



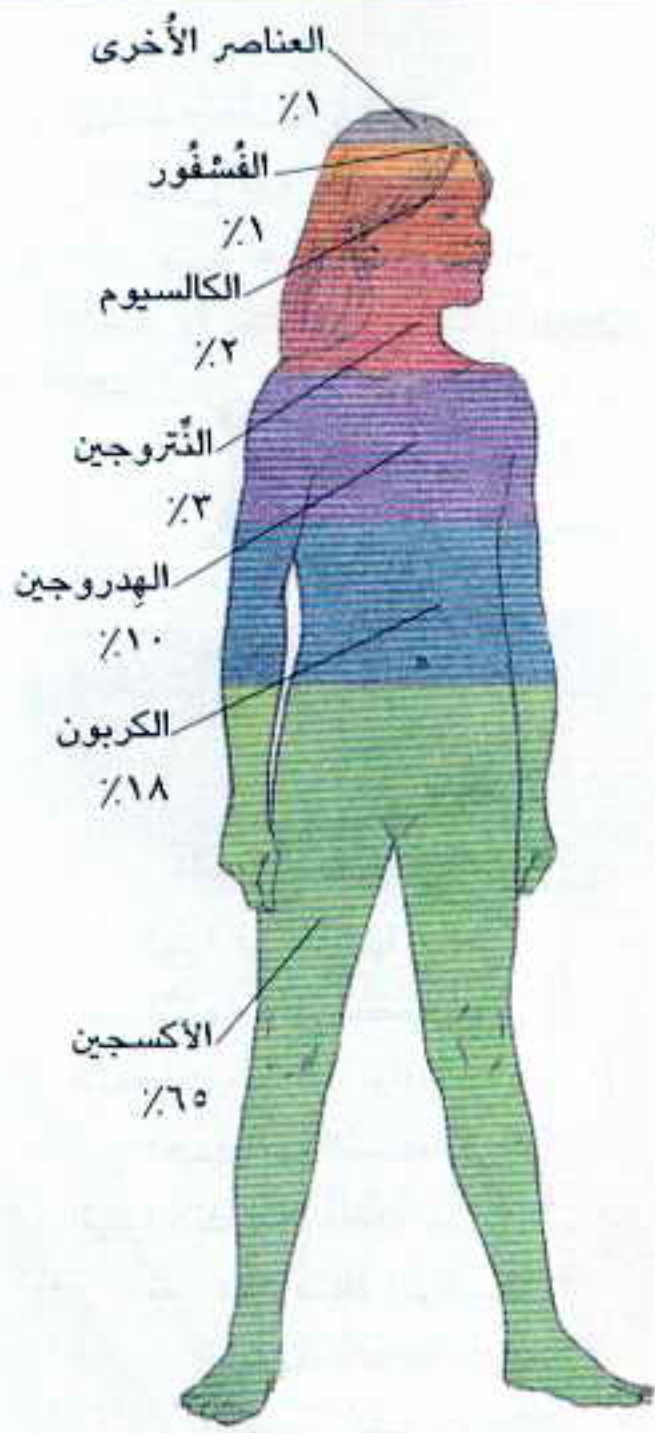
الأنزيمات

يُسرع الكثير من التفاعلات الكيميائية في الجسم بحفازات مُتميزة هي الأنزيمات. يختص كل أنزيم منها بتفاعل مُعين. وهذه الأنزيمات قادرةٌ بِجذورها على التمييز حتى بين الجزيئات المُشابهة، فلا تُخطئ تفاعلاتها. والأنزيمات حفازات سريعة وفعالة بشكل لافت. وبدونها كانت التفاعلات في أجسامنا من البطء بحيث تستحيل معها الحياة.



العناصر الكيميائية في الجسم

يتألف الجسم من عناصر كيميائية مختلفة ومتعددة. فالأكسجين والكربون والهيدروجين توجد بوفرة في الدهون والبروتينات والكربوهيدرات التي تتألف معظم أنسجة الجسم. ويتواجد التروجين في البروتينات، وتحتوي العظام نسبة عالية من الكالسيوم والفوسفور. أما العناصر النادرة في الجسم فتشمل الحديد، الصوديوم، البوتاسيوم، النحاس، الخارصين، المغنسيوم، اليود، الكلور، السليكون والكبريت. وهي رغم تواجدها بكميات ضئيلة، ضرورية جداً للحفاظ على سلامة الجسم.



الدّم

تحتوي كريات الدم الحمراء مُركباً من الهوتين والحديد يُدعى الهيموغلوبين، وهو يتحد مع الأكسجين في الرئتين وينقله إلى سائر خلايا الجسم. وعند انطلاق الأكسجين من الدم خلال عملية التنفس الخلوي، يفقد الهيموغلوبين لونه الأحمر الزاهي ويصبح أرجوانياً. وفي الوقت نفسه يُعادِل الهيموغلوبين ثاني أكسيد الكربون (فضالة الأكسدة) في خلايا الأنسجة ويحمله إلى الرئتين حيث يُفرغ إلى خارج الجسم.



الكبد

الكبد محطة القدرة الكيميائية في الجسم. فهي تفرز الصفراء - السائل المخضر الذي يساعد على الهضم. وتخزن الكبد الغلوكوز والفيتامينات والمعادن، كما تُزيل سموم الأدوية والكحول من الدم. والتفاعلات التي تجري في الكبد معظمها من النوع الذي يطلق الحرارة، وهذه الحرارة تنتشر في الجسم بواسطة الدم وتدفقنا.

التنفس

تتحول الطاقة المحتواة في الطعام إلى الطاقة اللازمة ليقوم الجسم بوظائفه في تفاعل كيميائي هو التنفس. ويحصل هذا التفاعل في كل خلية من الجسم بل في جميع الخلايا الحية في العالم إجمالاً. هنالك نوعان من التنفس: الهوائي واللاهوائي؛ والتنفس الهوائي يتطلب الأكسجين، ويُطلق الكثير من الطاقة.

الأكسجين + غلوكوز → ثاني أكسيد الكربون + ماء + طاقة

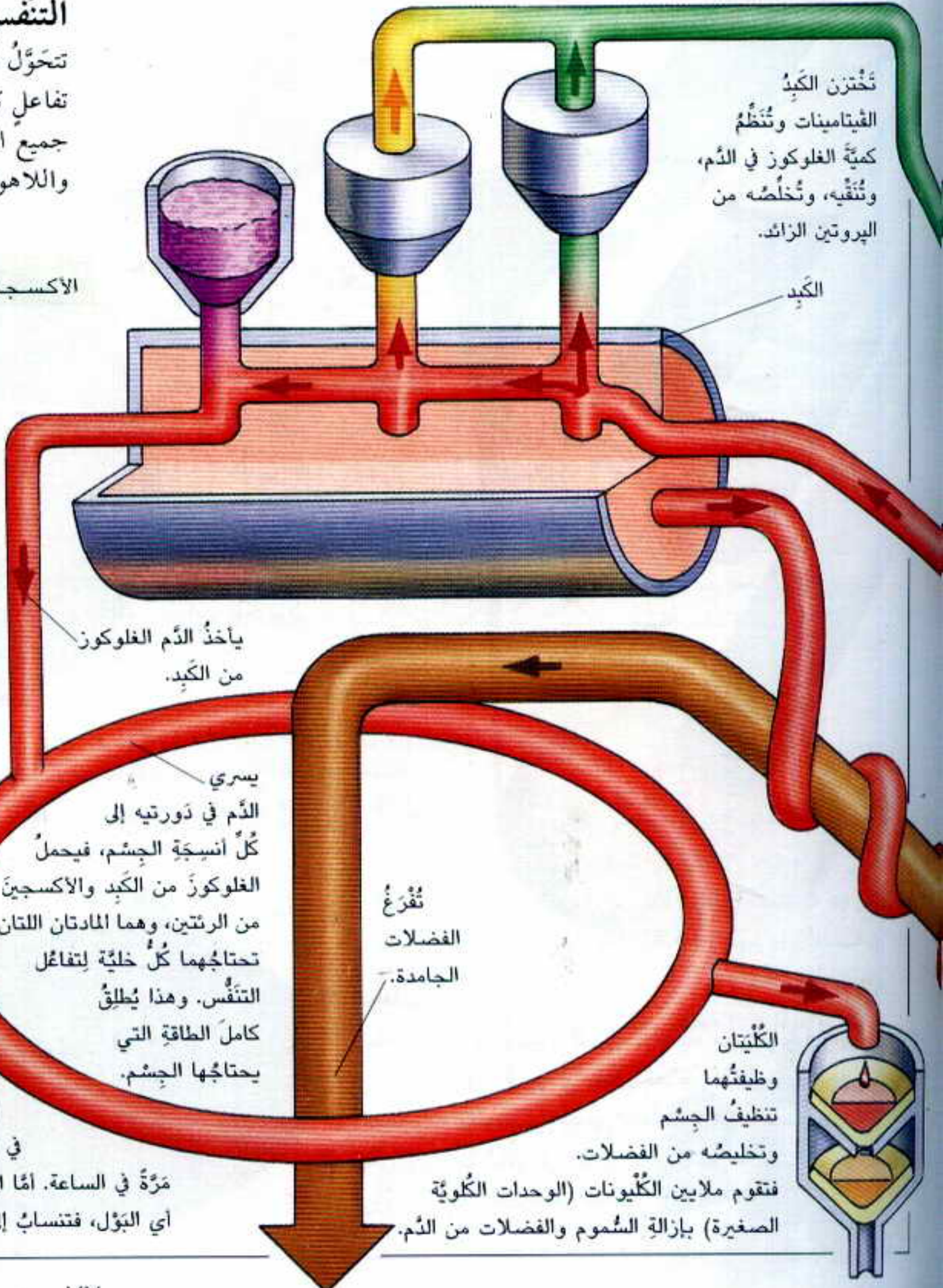
البندقة المشتعلة تبتعث حرارةً وطاقةً ضوئية. وهذا التفاعل يُشبه التنفس الهوائي. ففي كلتا الحالتين، يتحد الطعام مع الأكسجين لابتعاث الطاقة. لكن لا تُطلق الطاقة داخل الجسم فجأة كاللهب، بل تُطلق تدريجياً بشكل كيميائي.

التنفس اللاهوائي

إذا ركضت بسرعة في سباق ما، فإن عضلاتك تستهلك الأكسجين بسرعة أكبر مما تستطيع تزويده. فتلجأ خلايا العضل عندئذٍ إلى التنفس اللاهوائي لتوفر لك طاقة إضافية. وهذا التفاعل لا يتطلب الأكسجين، لكنه يُنتج طاقة أقل مع حامض اللبن.

غلوكوز → حامض اللبن + طاقة

يُسبب حامض اللبن آلاماً وتشنجاً في العضلات. لذا يأخذ الرياضيون أنفاساً عميقة في نهاية السباق لاستعادة المدد الكافي من الأكسجين وللتخلص من حامض اللبن.



لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- الهضم ص ٣٤٥
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

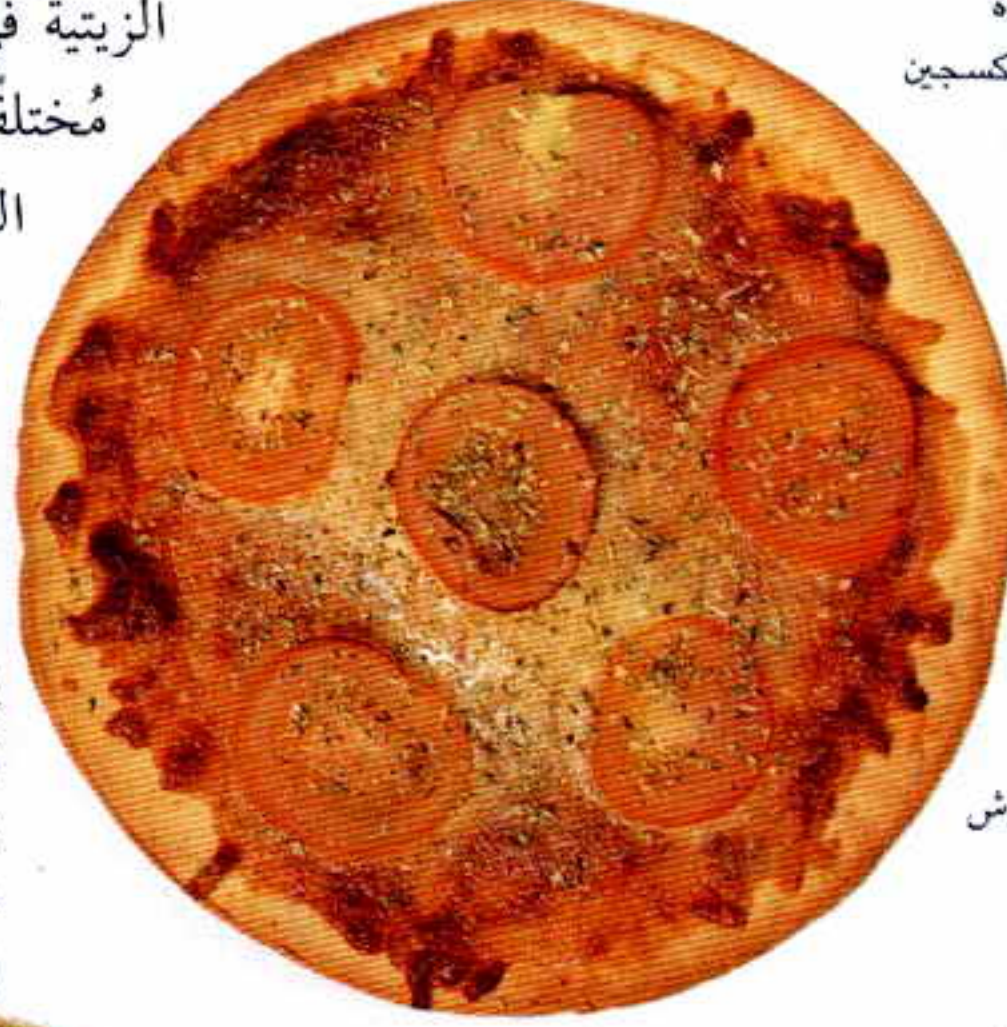
كيمياء الأغذية

لعلَّ عددَ الكيماوياتِ في طعامٍ تأكله يفوقُ ما يُمكنُ أن تجدهُ في مُختَبَرٍ. والكثيرُ من هذه الكيماوياتِ ضروريٌّ للحياة كالبروتينات والكربوهيدرات والألياف والدهون والفيتامينات والمعادن والماء؛ وجميعُها من أساسيات الغذاء الصّحيّ. هنالك أيضًا كيماوياتٌ مُنكّهةٌ للطعام وأخرى أزيدُ تلوّنه. ويُقدّر العلماءُ أنَّ المادة الزيتية في قشرة البرتقالة وحدها تحوي قرابة ٥٠ مركّبًا كيماويًا مُختلفًا. عند طهي الطعام، تحدث تفاعلاتٌ تُغيّرُ من طبيعة تلك الكيماويات. والواقع أنَّ في الطبخ والكيمياء أمورًا عديدةً مُشتركة؛ فالكثيرُ من العمليات المُستخدمة في كليهما كالتسخين والمزج والترشيح عملياتٌ مُتماثلة.



البَيْتْزا الكيماويّة

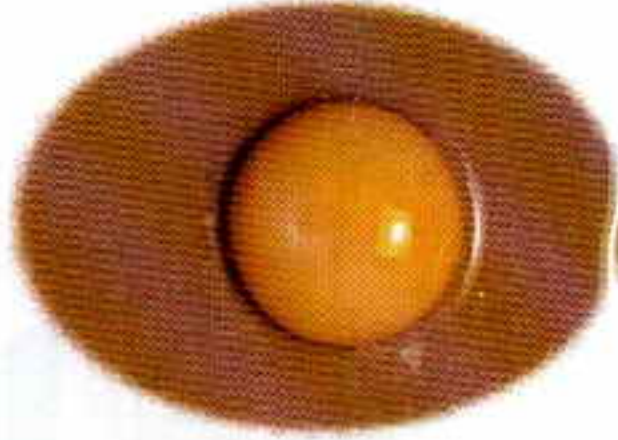
البَيْتْزا في حقيقتها صحفٌ من الكيماوياتِ مُعظّمها من المُعَدّيات المفيدة. والمئاتُ من الكيماوياتِ المُختلفة في البَيْتْزا ذات صيغ مُعقدة جدًّا. أنظر مثلاً صيغة التركيب المُعقدة، أعلاه، التي تُكسِبُ عُشبة المُرْدَقُوش نكهتها المُميّزة.



إِخْتِيَارُ (الكشف عن) البروتين

يُختَبَرُ العُلماءُ الطعامَ للكشف عن وجود البروتينات بهرّس عيّنة منه في الماء وإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم المُخفّف مُتَبوعًا بِبِضْعَةِ قَطْرَاتٍ من محلول كبريتات النحاس. فإن تغيّر لَوْنُ المحلول من الأزرق الفاتح إلى الأرجواني الشاحب دَلٌّ ذلك على وجود البروتين في الطعام.

البروتين غير موجود



سلاسلُ البروتين في بيضة بيضاء بيّنةُ مُنْتَظِمةُ اللولبة.

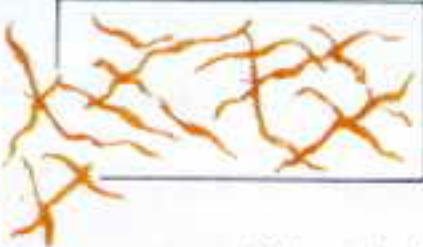


بالتسخين تبدأ سلاسلُ البروتين بالانجذاب.



البروتين موجود

وبانجلاها تتناشبُ السلاسلُ بعضها مع بعض فتكوّنُ شبكةً جامدة.



البروتينات

البروتينات كيماوياتٌ بانيةٌ للأنسجة الحيّة تتوافرُ في عديدٍ من الأغذية كالبيض واللحم والجوز واللبن والبقول. وهي تتألّفُ من ذرات الكربون والنيتروجين والكبريت والأكسجين والهيدروجين. وتتضامُ بعضُ الجُزيئات البروتينيّة في سلاسلٍ لولبيّةٍ طويلة. فإذا طهوت بيضةً مثلاً، تبدأ جُزيئاتُ البروتين بالتحلل من سلاسلها، ثُمَّ تتناشبُ بعضها مع بعض في شبكة جامدة؛ وهكذا يصيرُ آخُ البيضة البروتيني جامدًا عند القلي أو السلق.

المعادن

المعادنُ موادٌ لا عضويّة، الكميّاتُ القليلةُ من بعضها ضروريّةٌ في وجباتنا. هذه المعادنُ الحاويةُ لعناصر الكالسيوم والحديد والبوتاسيوم والمغنسيوم يُذيبها الماء من التربة، فتتمشّطها جذورُ النباتات النامية في التربة. وحين نأكلُ تلك النباتات فإننا نزوّدُ أيضًا بما تحتويه من معادن.



إِخْتِيَارُ (الكشف عن) الدهون

جُزيئاتُ الدهون ضُخمةٌ تحوي الكربون والهيدروجين والأكسجين. وتتوافرُ الدهونُ في بعض الأغذية كالزبد والفسق والرُبْد. ويمكنُ الكشفُ عن الدهن في عيّنة غذائيّة بِرَجْها في الإيثانول الذي يُذيبُ الدهنَ ويبقى محلولًا صافيًا. ثُمَّ يُصبُ هذا المحلول في أنبوب اختبار يحوي القليل من الماء. وحيث إن الدهون لا تذوب في الماء فإن الماء يتربّدُ بِقَطِيرَاتٍ الدهن الصغيرة إذا احتوتُ العيّنة.

الدهن غير موجود



الدهن موجود



كيماويات البصل

لماذا تَدْمَعُ عَيْنَاكَ عند تقطيع البصل؟ السببُ هو أن البصل يحوي بعضَ المركّبات الكبريتيّة الغريبة التي تتفاعل مع أكسجين الهواء لتكوّنُ كيماوياتٍ حادّة الرائحة تسبّبُ الدَّمْعَ من العينين. وقد اكتشف العلماءُ مؤخرًا أنَّ مثلَ هذه المركّبات الكبريتيّة قد تُفيدُ في مُعالجة الرُّبو.

الفيتامينات

الفيتامينات مجموعة متنوعة من المواد العضوية ضرورية جدًا، بكميات ضئيلة، لسلامة النمو وصحة الجسم والعقل. وهي متوفرة في العديد من الأغذية كالحمضيات (فيتامين ج) والخضار (فيتامين أ و ك) والجزر (فيتامين أ) وخبز الدقيق بأكمله (فيتامين ب) والسّمك (فيتامين د).

فيتامين ج
غير موجود

الحفظ بالليمون الحامض

الفواكه المقطعة حديثًا، كالنّخاع والموز، تسمّر بتعرضها للهواء نتيجة لتفاعل كيميائياتها مع الأكسجين. ويسرّع هذا التفاعل أنزيم في الفاكهة نفسها. ولما كانت الأنزيمات حساسة جدًا لتغيرات الحمضية، فإن تفاعل الاسمرار يمكن تبطلته بإضافة عصير الليمون إلى الفاكهة المقطعة حديثًا.

فيتامين ج
موجود

اختيار روتر لفيتامين ج

اختيار روتر يعتمد على إزالة زُرقة كاشفه (ثاني كلور الفينول إندو فينول). فإذا حصل هذا التغير بإضافة عينة من الطعام (مهروسة في الماء) إلى الصّينغ المذكور، يكون الفيتامين ج موجودًا في الطعام.

السكّريات

خلاوة المُرّيات والكعك ناجمة عن السكّريات المختلفة. وهي كيميائيات تتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين. أبسط أنواع السكّريات هو الغلوكوز، وصيغته الكيميائية $C_6H_{12}O_6$. ومن السكّريات البسيطة أيضًا اللكتوز (سكر اللبن) والفركتوز (سكر الفاكهة). ولم يعد السكر اليوم مادة للمطبخ فقط، فقد بدأ الكيماويون الصناعيون يحولونه إلى كيميائيات صناعية تُستخدم في صنّع الدهانات والمنظفات.

السكر غير
موجود

السكر
موجود

كرملة (أو تعصيد) السكر

عند إحماء السكر تبدأ جزيئاته بالتفكك وينطلق منها الماء. فإذا استمرّ الإحماء يتكامل السكر ليصبح عصيدًا لزجًا مُسمّرًا. وتُستخدم الكرميلات في تلوين الخلّ والصلصات وبعض المأكولات (مخروق) السكر مُكثّم (أخرى).

اختيار (الكشف عن) السكر

يمكن الكشف عن السكر في الطعام بهرس عينة منه في الماء وإضافة قليل من محلول بيديكت الأزرق إليها. فإذا تغير اللون إلى برتقالي مُسمّر عند إحماء المزيج، يكون السكر موجودًا في الطعام.

مأكولات
سكرية

حفظ الأغذية

تفسد الأغذية الطازجة، كالسّمك، بسرعة إذا تركت مُعرّضة للهواء، لأنّ المكروبات (الجراثيم) المؤذية تبدأ بالتكاثر فيها وعليها. ويمكن حفظ الأغذية بقتل تلك المكروبات أو تثبيط نمائها بإحدى الوسائل المعروفة التالية: التجميد، التملح، التدخين أو التخليل. أما إبادة كلّ الجراثيم في الطعام فتتمّ بإحدى طريقتين: التسخين (حوالي ١٦٠° س) أو التّشعيع.



تُدخّن الأسماك

فوق نار الحطب. فحرارة النار

وكيميائيات الدخان تُبطّئ وتثبّط تنامي المكروبات. كما يُضفي التدخين نكهة على الطعام ويُغيّر أديمه.

اختيار (الكشف عن) النشا

يمكن الكشف عن النشا بهرس عينة من الطعام في الماء وإضافة بضع قطرات من محلول اليود. فإذا تحول اللون إلى زُرقة مُسوّدة يكون النشا موجودًا في الطعام.

النشا غير
موجود



المعكرونة
والبطاطا والأرز
جميعها تحوي
النشا.

حبّيات النشا، في
الماء، مُكبّرة ٦٠ مرّة.

النشا

المأكولات النشوية، كالخبز والبطاطا والأرز والمعكرونة تتألف من جزيئات سُكّرية مُترابطة معًا في سلاسل طويلة - فالنشا والسكر هما من الكربوهيدرات. يُضاف نشا الطحين لتغليظ الصلصات والمرق؛ فعند تسخين حبّيات النشا في الماء، يدخلها بعض الماء فينأد بين جزيئات النشا المنفردة - فتتفكّح الحبّيات حتى تنفجر ناشرة جزيئات النشا في السائل المحيط فيتغلظ.

سُموم المأكولات

تحتوي بعض المأكولات طبيعيًا كمّيات قليلة من السُموم - تُمرض إذا ما أخذت بجرعات كبيرة. فالموز يحوي مادة كيميائية قد تسبّب الهلوسة. والبطاطا الخضراء تحوي السولانين وهو سم يُسبّب ألم المعدة. ويحوي الجبن النضيج مادة التيرامين الوثيقة العلاقة بهرمون الأدرينالين في أجسامنا، فتؤثّر في سرعة النبض وتسبّب الكوابيس.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التحليل الكيماوي ص ٦٢
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- الاختبار ص ٨٠
- صناعة الأغذية ص ٩٢
- الغذاء ص ٣٤٢
- الإغذاء ص ٣٤٣

الإِخْتِمَار

عُرِفَ الإِخْتِمَارُ منذ آلاف السنين في صُنْعِ الخُبْزِ واللَّبَنِ الرائب والجِعة والنَّبِيذ. واليوم، إضافة إلى استخدامه في صُنْعِ الأغذية والمشروبات الكحولية يُستخدم الإِخْتِمَارُ في صُنْعِ الأدوية كالبنسلين، والكيماويات كالميثانول وحامض الستريك. والإِخْتِمَارُ عملية كيميائية تقوم بها مَتَعَضِّياتٌ مجهرية تدعى الخَمَائِر، وهي تنمو بتحويل سُكَّرِ الأغذية، وخاصة سُكَّرِ الفواكه والحبوب، إلى كحول وثاني أكسيد الكربون. ويَحْتَمَلُ أَنَّ اكْتِشَافَ الإِخْتِمَارِ كان صدفةً في فواكه أو حبوبٍ اختزنَتْ في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والخمائرُ هي من المِكَرُوباتِ المُفِيدَةِ المأمونة المستخدمة على نطاقٍ واسع. وهي كغيرها من المِكَرُوباتِ قادرةٌ على العيش في كُلِّ مكانٍ تقريباً. لكنَّ لِسَتْ كُلِّ المِكَرُوباتِ صالحةً للأكل - فالكثير منها مُؤدِّ وسامٌ.

صُنْعُ الخُبْزِ

الخميرة هي أحدُ مَقَوِّمَاتِ الخُبْزِ. فبعدَ عملية العجن يوضعُ العجينُ في مكانٍ دافئ، حيثُ تتنفسُ الخميرة الأكسجينَ هوائياً، مُغْتَذِيَةً بالسُّكَّرِيَّاتِ - مَفَكَّكَةً إِيَّاهَا إلى ماءٍ وغازٍ ثاني أكسيد الكربون ينتفخُ به العجين. وعندَ الخَبْزِ تُقْتَلُ الخميرةُ ويتمدُّ ثاني أكسيد الكربون وبُخَارُ الماءِ فيكسبا الخُبْزَ نَسْجَةً إسفنجيةً. أما الخُبْزُ المُحَضَّرُ من عجينٍ بلا خميرة فلا يَتَنَفَّخُ بالخَبْزِ ويُدعى فَطِيرًا.



يُحَدُّ بعضُ
البروتينات في
الطحين، بعد
إضافة الماء
وعجن العجين،
مُكوِّنًا شبكةً قويَّةً
ومطاطة من
الجزيئات.

الإِخْتِمَارُ الأوَّلُ

كَانَ المِصْرِيُّونَ القدماءُ أوَّلَ من صَنَعَ الخُبْزَ الخَمِيرَ منذ ٥٠٠٠ سنة. وكانوا يحتفظون دوماً ببعض العجينة المخمرة ليضيفوها إلى العجينة التالية لِتَخْمِيرِهَا. ولا يزالُ أهلُ الأريافِ يستخدمون الوسيلة نفسها في تخمير عجائنهم.



الخميرة

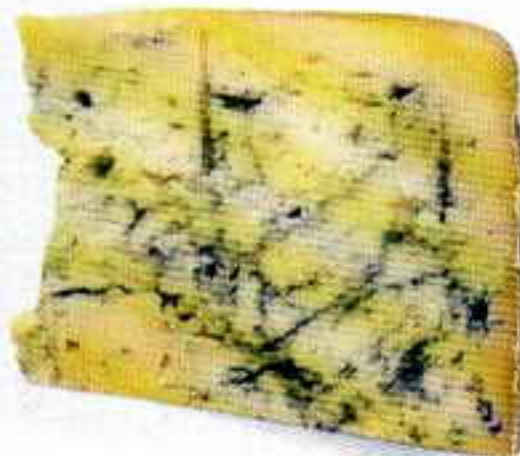
إذا تُرِكَ مزيجٌ من الخميرة والسُّكَّرِ والماءِ الدَّفِيءِ جانباً، تظهرُ فقائِعُ من الغاز عند اعتِمَالِ الخميرة. وإذا أُمرَّ هذا الغازُ في ماء الجير (محلول الكالسيوم في الماء)، يَرَبْدُ ماء الجير الصافي بتكوُّنِ كربونات الكالسيوم غير الذوابة في الماء. وهذا بُرْهَانٌ على أن الغاز هو ثاني أكسيد الكربون. إنَّ تنفُّسَ الخمائر هو تنفُّسٌ لاهوائي - يعني أنها تَغْتَذِي بالسُّكَّرِ مُباشرةً - مُحوِّلةً إِيَّاهُ إلى كُحُولٍ، يَبْقَى في القارورة، وغازٍ هو ثاني أكسيد الكربون.



المُلبَّنَاتُ مُكَبَّرَةٌ.

اللَّبَنِ الرَّائِبُ

يُحَضَّرُ اللَّبَنُ الرَّائِبُ بإضافة بكتيريا مُعَيَّنَةٍ (المُلبَّنَات) إلى اللَّبَنِ وتركه يَخْتَمِرُ لاهوائياً. فتتكاثر البكتيريا وتُغَلِّظُ اللَّبَنَ خافضةً محتوي السُّكَّرِ فيه بتحويل سُكَّرِ اللَّبَنِ (اللاكتوز) إلى حامض اللَّبْنِيك. لذا فإن طَعْمَ اللَّبَنِ الرَّائِبِ الطبيعي حَذِيقٌ.



الجُبْنُ الأزرق

يُضَافُ نوعٌ خاصٌّ من عَفَنِ البَنْسَلِينِ إلى الجُبْنِ الأزرق ليكسبه لونه وطعمه المميِّز. وخلال عملية نُضْجِ الجُبْنِ تُحَدِّثُ فيه ثُقُوبٌ صغيرة، يَافِرُ من الفولاذ الذي لا يصدأ، لِضَمَانِ وُجُودِ كَمِيَّةٍ كافيةٍ من الأكسجين لِنُموِّ العَفْنِ.

الكُحُولُ

في ظروف التهوية العادية تنتج الخمائر الماء وثاني أكسيد الكربون بالتنفس الهوائي (كما في صُنْعِ الخُبْزِ). أمَّا في ظروف انعدام التهوية فإنها تلجأ إلى التنفس اللاهوائي مُنتِجةً الكُحُولَ وثاني أكسيد الكربون. لذا تُخَمَّرُ المشروبات الكحولية في أوعيةٍ مَقْفَلَةٍ. والمعروفُ أنَّه عندما ترتفعُ نِسْبَةُ الكُحُولِ في المحلول إلى قُرابة ١٤٪، تتسَمَّ الخمائرُ ويتوقف التخمر. وهكذا لا يمكنُ صُنْعُ مشروباتٍ كحوليةٍ يزيدُ محتواها من الكُحُولِ على ١٤٪ بطريقة الإِخْتِمَارِ فقط.



لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المُتَعَضِّياتُ الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- الفطريات ص ٣١٥
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

المواد

تخيل أنك تتجول حذاء من الخرسانة أو تركب دراجة من الزجاج! إن ذلك عسير وخطر حقاً. هاتان مادتان فقط من المواد الكثيرة التي نستخدمها في حياتنا اليومية - لكن طبعاً ليس للمشي ولا لصنع الدراجات! إن معظم ما يحيط بنا من مواد هي مواد مُحَوَّلَةٌ عما كانت عليه في حالتها الطبيعية، التي هي أصلاً مواد من الأرض أو الماء أو حتى من الهواء. فالعمليات الكيماوية تُحوّل المواد الخام هذه إلى مواد ذات خصائص معينة يتسنى لنا استخدامها. فمواد ملابسنا، مثلاً، مُصنَّعة من ألياف لينة مطاطية مقاومة للحتّ تجعلها مريحة ومتينة.

مواد مُستخدمة في لعبة التنس

تتلاءم جميع المواد المُستخدمة في لعبة التنس تماماً مع وظيفة كل منها. فالمضارب متينة التصميم قوية كي تتمكن من صدّ الكرات المُنتقلة بسرعة فائقة، والكرات مصنوعة من مواد متينة مرنة لا يُمرّقها الارتطام بالمضرب أو بأرض الملعب. كذلك فإن أحذية التنس وأرض الملعب مُعالجة ومصممة لمقاومة الحتّ أو البري الناتج عن تراكض اللاعبين في طول الملعب وعرضه.

الفخاريات

منذ حوالي ٧٠٠٠ سنة، اكتشف الناس إمكانية تحويل الطين بالإحماء إلى مادة صلبة قصفة. فيتشكيلهم الطين قبل الشّي، استطاعوا صنع القصعات والأكواب والجرار لحفظ طعامهم وشرابهم. فكان الفخار (أو الطين النضيج) أحد أول المواد التي صنعها الإنسان.



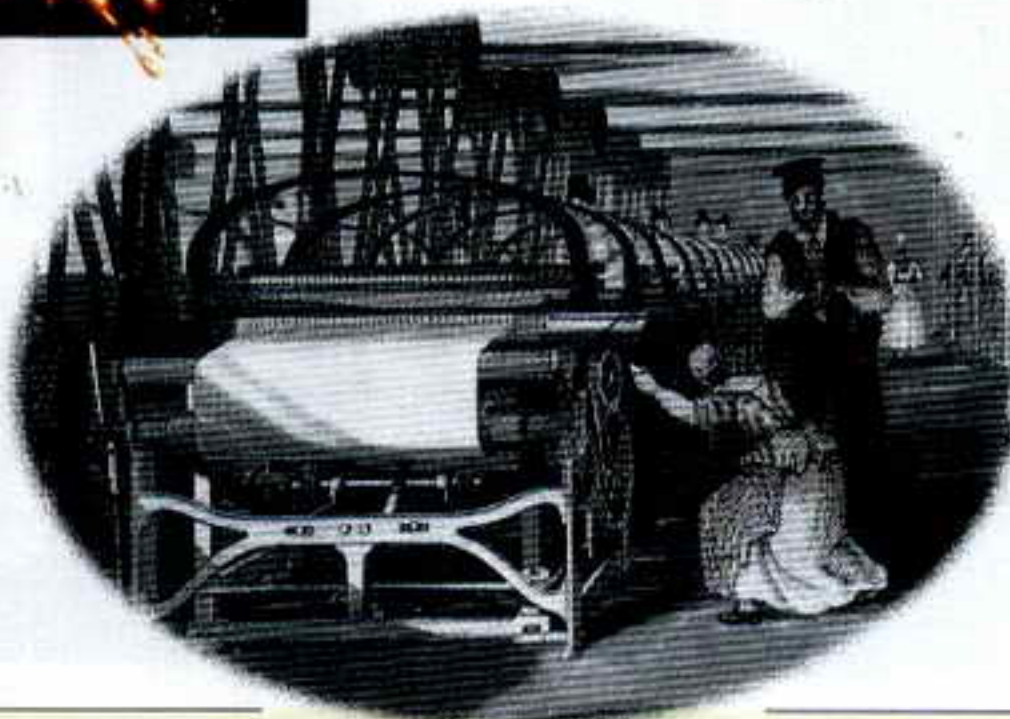
استخراج الحديد

منذ ٣٥٠٠ سنة اكتشف الجيئون، سُكَّان ما يُعرف اليوم باسم تركيا كيفية استخراج الحديد. ويتلخّص سرُّ طريقتهم بإحماء خامات الحديد مع فحم الخشب المُحترق، فيحصلون على المعدن (الحديد المُطاو) بليونية تسمح بتطريقه غدداً وأسلحة.



مكنته صناعة القماش

منذ عام ٨٠٠٠ ق.م. عرف الناس غزل الألياف الطبيعية وحياتها بشكل أو بآخر لصنع القماش. وفي أواخر القرن الثامن عشر، اخترع الأوروبيون مكنات للغزل والحياكة تعمل بالقدرة البخارية.



تُصنَّع قُبْعَةُ الرياضة من القطن، فتبقى مِهْوَاةً باردة.

النظارات الشمسية المصنوعة من الكيماويات النفطية خفيفة ومأمونة الاستعمال.

يُصنَّع إطارُ مضرب التنس من لدينة تحوي الغرافيت ومقبض مُغطى بالجلد الاصطناعي، وأوتار لدائنية مُصنَّعة.

تُصنَّع جوارب الرياضة من الألياف الطبيعية لحفظ القدمين مِهْوَاةً باردة.

الخشب مادة طبيعية صلبة تُتخذ من الأشجار.

تُصنَّع ملابس الرياضة من مواد قوية ومريحة كالقطن والبوليستر والنيلون.

يتألف الورق من ألياف طبيعية مصدرها الأشجار.

من الحديد إلى الفولاذ

لم يكن صنّاع المعادن الأوائل يجهلون أن الكربون يُصلّد الحديد. عام ١٧٤٠، ابتكر المعدني البريطاني، بنجامين هتسمان، طريقة لضبط كمّية الكربون المناسبة لإنتاج معدن متميز قوي من الحديد يدعى الفولاذ. ويُستخدم الفولاذ الآن في تصنيع سبيلولة لا حصر لها من المُنتجات من الإبر إلى هياكل السيارات.

تُصنَّع أحذية الرياضة من الجلد أو القماش المتين وتجهرُ بنعال مطاطية مرونة.



عصر اللدائن

في الخمسينيات من القرن التاسع عشر، صنّع الكيماوي البريطاني، ألكسندر باركس، أول مادة لدائنية. واليوم تصنّع اللدائن المختلفة من الكيماويات النفطية، وتستخدم في صناعة اللعب والكثير من المُنتجات المنزلية كالكراسي والعلب والأطباق وغيرها.

صناعة الكيماويات

المواد المصنعة كيماوياً تُحيط بنا حيثما نكون، بل إن بعضها يتواجد في داخلنا أيضاً. ويتفاوت مدى هذه المواد الشاسع من دهانات السيارات إلى مختلف أنواع المأكولات. وتُصنع كل مادة أو مجموعة مواد في وحدة صناعية خاصة؛ فتعالج المواد الخام، كالمعادن والنفط والماء والفحم والغاز وكثير سواها، بتفاعلات كيماوية تحولها إلى مواد مفيدة تُنقل إلى مختلف أقطار العالم ليستخدمها الناس ويتعموا بفوائدها. والمنشآت الصناعية الكيماوية هذه عالية التكلفة بناءً وتشغيلاً؛ وهي تشكّل إحدى أكبر الصناعات في العالم، وتستهدف تقديم مصنوعات المفيدة والمتنوعة بأسعار في متناول الجميع.



في خط الأنابيب

تُنقل الأنابيب المتمايزة الألوان السوائل والغازات الكيماوية والبخار والماء المبرد إلى مختلف أنحاء المصنع الحديث.

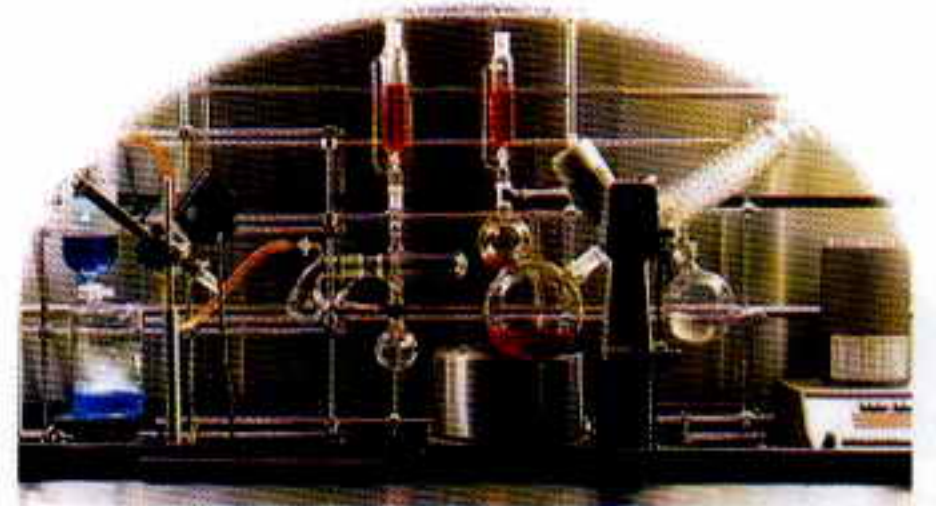
يُخزن فائض من المواد الخام قرب المصنع.

تأكل الأبقار كريات مصنعة من نفايات الطعام السليمة.

يُعاد تدوير بعض الفضلات والنفايات لتصنيع منتجات أخرى.

مركب لنقل المواد

قرب الموقع من طرق المواصلات البرية والنهرية ضروري لشحن المواد بسرعة وفعالية.



نموذج مصغر

قبل بناء المصنع الكيماوي، يُصمم له نموذج مصغر اختياري، وتمرر الكيماويات في أجهزته الرّجائية لمراقبة مختلف مراحل العملية وأجهزتها والتأكد من سلامتها وصلاحياتها. وحين يتأكد للعلماء ذلك يُصار إلى تشييد المصنع بالحجم الحقيقي.



من النموذج إلى الأصل

عندما تنتج تجارب النموذج المصغر، ويتم تقصي إمكانية إنتاج المادة المطلوبة بتكلفة زهيدة، يُكبّر قياس تجهيزات النموذج وعملياته لإنشاء المصنع الحقيقي.



موقع المصنع

يجب أن تتوفر احتياجات المصنع من مواد خام وطاقه وماء على مقربة من موقعه ليعمل بفعالية. ويُراعى في اختيار الموقع أيضاً توافر سبل النقل والمواصلات القليلة التكلفة لتصريف المنتجات. أما النفايات والفضلات فينبغي تصريفها بعناية بالغة - فقد يُباع بعضها لإعادة التدوير وتُصنع مواد مفيدة أخرى؛ وما لا يصلح منها للبيع يُعالج ليتلافي ضرره وأخطاره.

السلامة العامة

التفاعلات الكيماوية قد تُنتج أدخنة سامة أو تُسبب حرائق وانفجارات، وللوقاية من هذه الأخطار تُجهز المصانع بمعدات الأمان وأنظمة الإنذار، ويزود العاملون بالملابس الواقية وتعليمات التصرف السليم في حالات الطوارئ.

لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- الماء - معالجة وصناعاته ص ٨٣
- التلوث الصناعي ص ١١٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الماء - مُعالجته وصناعاته

يستطيع الإنسان العيش بدون ماء قرابة ستة أيام، لكن الصناعات في معظمها تتوقف فوراً عن العمل بدونه. فالصناعة بحاجة إلى كميات كبيرة من الماء لتصنيع كل ما نستخدمه تقريباً من مواد. ففي كل يوم، تستهلك الصناعات في العالم من الماء أربعة أضعاف ما يستهلكه جميع الناس في منازلهم. المطر هو المصدر الرئيسي لكل هذه المياه، لكن يجب تنقيتها قبل الاستعمال. فالمطر المتساقط على الأرض ينساب في جداول وأنهار، أو يغور في الأرض إلى الطبقات الصخرية. وهكذا، يلتقط الماء، في مساراته المختلفة، جسيمات صغيرة من الصخر أو بكتيريا من التربة أو كيماويات مذابة من أيما شيء تقريباً يمر به أو فوقه.

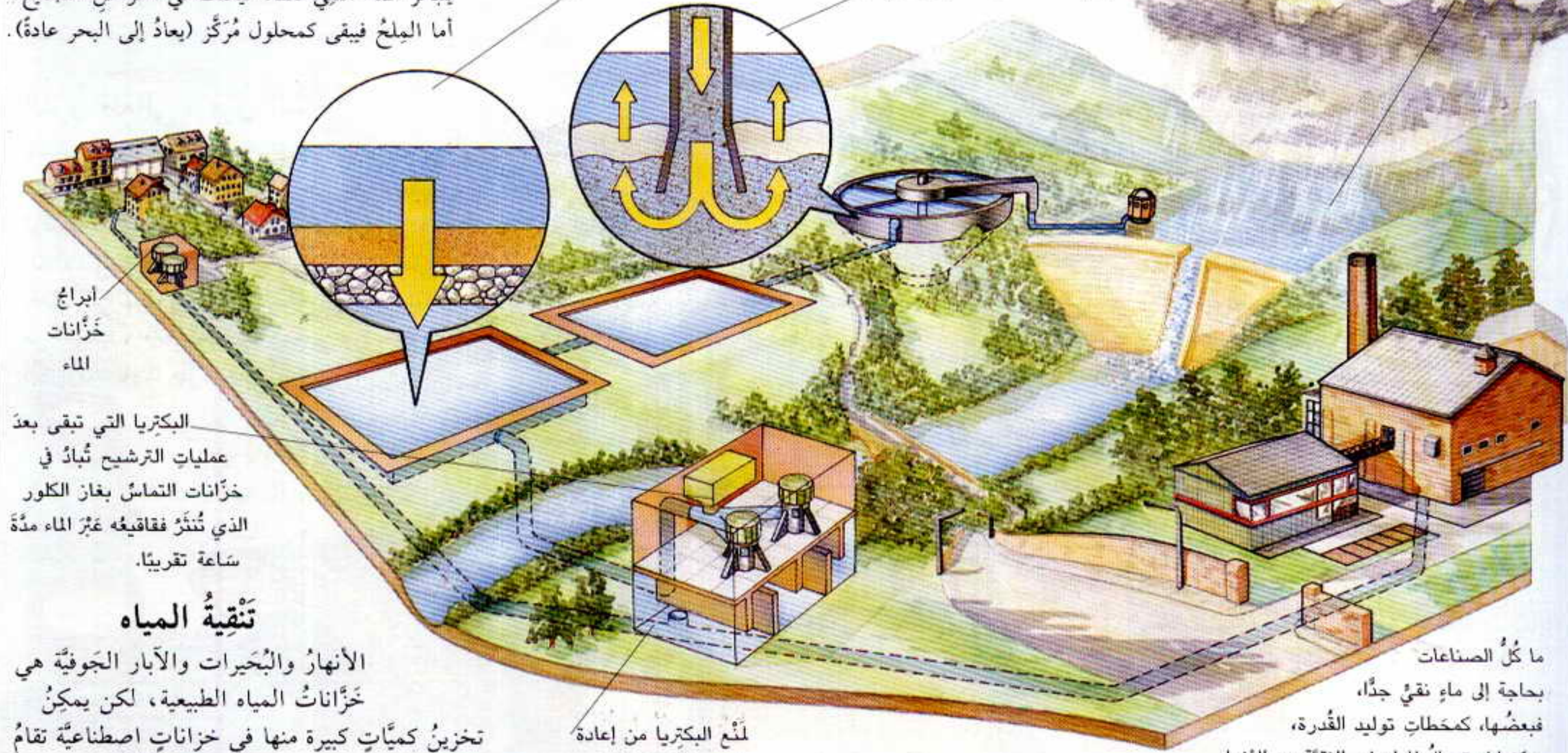
إزالة الملوحة (التحلية)

في بعض مناطق العالم حيث تسبح الأمطار (كما في منطقة الشرق الأوسط) يحصل الناس على الماء من البحر بالتحلية. فبإحماء ماء البحر تحت ضغط خفيض، يتبخر الماء النقي فقط، فيكثف في أحواض التجميع. أما الملح فيبقى كمحلول متركز (يعاد إلى البحر عادة).

يمر الماء عبر طبقات، من الرمل والحصى، تحتبس ما به من أوساخ.

في المرشح الكيماوي يُضاف الشب (كبريتات الألومنيوم) والجير (هيدروكسيد الكالسيوم)؛ فينتجان مادة لزجة (هي هيدروكسيد الألومنيوم) تحتبس شوائب الماء وترسبها.

يُخنجر الماء خلف سد التجميع.



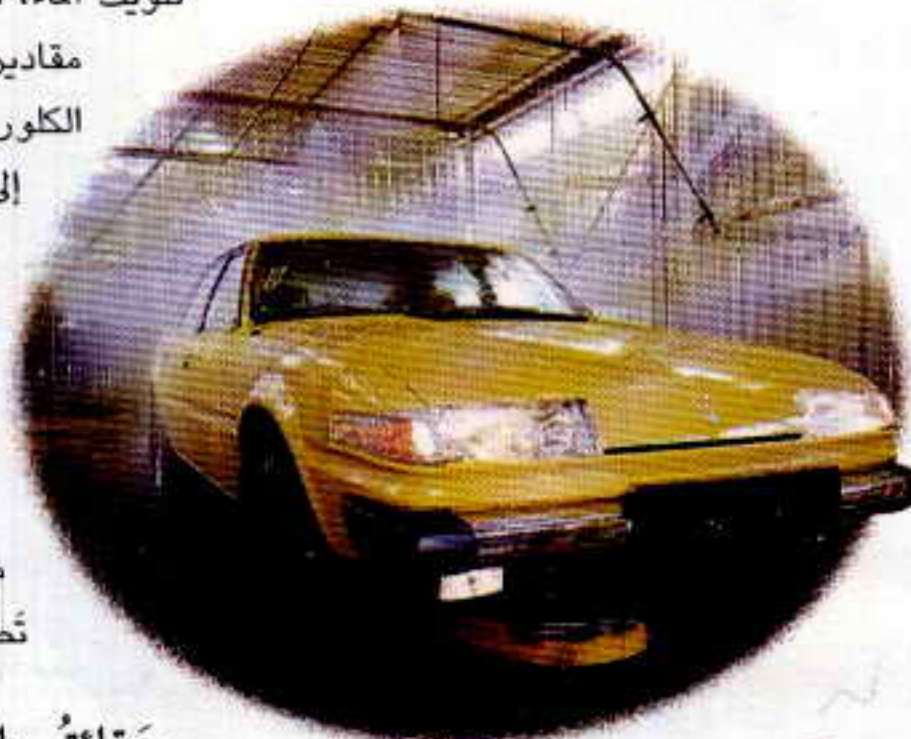
أبراج خزانات الماء
البكتيريا التي تبقى بعد عمليات الترشيح تبدأ في خزانات التماس بغاز الكلور الذي تُنتج فقائعه عبر الماء مدة ساعة تقريباً.

تنقية المياه

الأنهار والبحيرات والآبار الجوفية هي خزانات المياه الطبيعية، لكن يمكن تخزين كميات كبيرة منها في خزانات اصطناعية تقام على مقربة من المصانع والمنازل. قبل الاستعمال تنقى مياه الخزانات بتمريرها أولاً عبر مضفاة كبيرة، لإزالة الأجسام الغريبة كالثفايات والأوساخ العالقة فيها؛ ثم تُرشح في مرشحات ضخمة من طبقات الحصى والرمل والكيماويات لإزالة الجسيمات الأصغر التي قد تحب دواخل جدران الأنابيب أو تلحق الضرر بالتجهيزات الصناعية، أو تُعكر مياه الشرب. أما البكتيريا والفيروسات المُمرضة (أو المميتة أحياناً)، فتعالج بنفث فقائع غازات سامة لها في الماء كالكلور والأوزون.

لنزع البكتيريا من إعادة تلوث الماء، تُترك فيه مقادير قليلة من الكلور عندما يُضخ إلى المنازل.

تُستخدم كمية ضخمة من الماء في تصنيع سيارة.



ما كل الصناعات بحاجة إلى ماء نقي جداً، فبعضها، كمحطات توليد القدرة، يمكنها استعمال المياه غير النقية من الأنهار أو من البحر مباشرة.

استخدام الماء في الصناعة

تستخدم الصناعة كميات كبيرة من المياه لتبريد الأفران حيث تجري العمليات الكيماوية المطفئة للحرارة، أو لتوفير الوسط المناسب لحدوث شتى التفاعلات، أو في توليد البخار لإدارة مضخة أو مولد كهربائي. والماء كذلك مُذيب فعال لكثير من المواد، مُحولاً إياها إلى محاليل مُخففة سهلة المُتناول؛ كما يُستخدم لتنظيف المواد والمعدات والموقع.

شراب الليمون دوش فولان سيارة

حقائق مائية

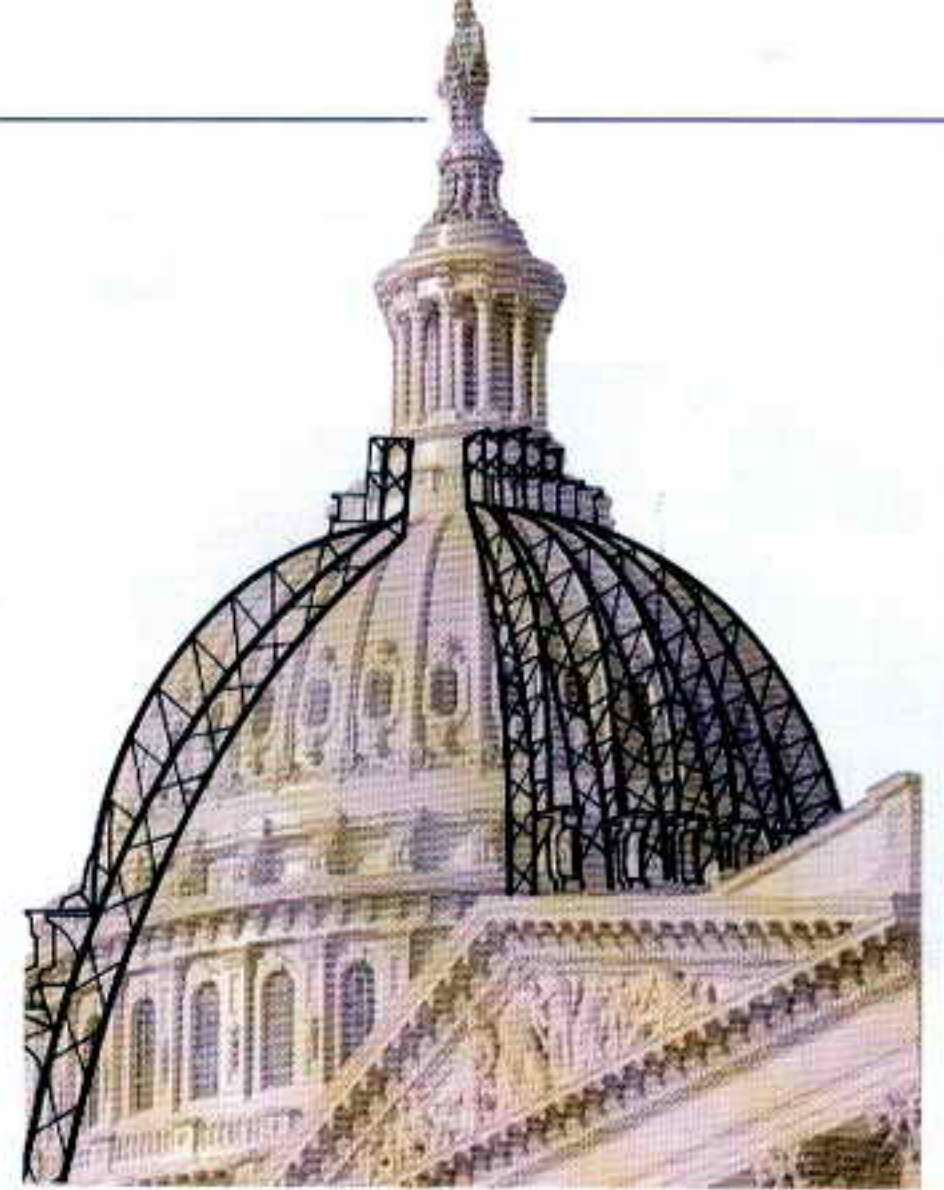
تصنع سيارة واحدة يتطلب ٣٠,٠٠٠ لتر من الماء، ويطلب تحضير طن واحد من الفولاذ ٤٥٠٠ لتر. بالمقارنة فإن الدوش يستهلك قرابة ٣٥ لتراً من الماء، والتمر الواحد من شراب الليمون (المُرَكز) ٨ لترات من الماء.

لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- المحاليل ص ٦٠
- فضل المزيجات ص ٦١
- كيمياء الماء ص ٧٥
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الحديد والفولاذ (الصُّلب)

لولا الحديد والفولاذ ما كان يتيسر لنا تصنيع السيارات، ولا تشييد المباني الشاهقة ولا إنتاج المكنات التي تصنع لنا تقريباً كل شيء. فالحديد أرخص الفلزات التي نستعملها وأهمها؛ وهو يُستخرج من خاماته الصخرية المختلفة، ثم يحول معظمه إلى فولاذ. والحديد، كالعديد غيره من العناصر نشط كيميائياً، فلا يوجد نقياً في الطبيعة، بل متحداً مع عناصر أخرى بخاصة الأكسجين. في مسابك الصهر، تُحمى خامات الحديد في أفران خاصة مع الحجارة الكلسية وفحم الكوك، الذي يتألف في معظمه من الكربون، فتزال الشوائب من خامات الحديد ويبقى الفلز نقياً تقريباً. وفي عملية تالية يحضر الصُّلب (الفولاذ) من هذا الحديد بضبط كمية الكربون فيه، وأحياناً إضافة كميات قليلة من فلزات أخرى كالكروم والنيكل إليه.



حديد الصُّب (حديد الزهر)

تحتوي قبة الكابيتول في واشنطن العاصمة ٤٠٠٠ طن من حديد الصُّب. وكانت أجزاؤها المختلفة قد صُبَّت مسبقاً في قوالب خاصة.

الفرن العالي، فرن السَّفَع

يُستخرج الحديد من خاماته في أفران السَّفَع (أو اللُفْح) يعلو الضخم منها ٦٠ متراً ويُنْتِج ١٠,٠٠٠ طن من الحديد يومياً، عاملاً، دون توقف، على مدى ١٠ سنوات متتالية. في هذا الفرن تُسَفَع المواد الخام، المؤلفة من خامات الحديد والحجارة الكلسية وفحم الكوك، بعصافات الهواء الحار من أسفل الفرن. وبما إن الكربون أنشط فاعلية من الحديد، فإنه يتحد بالأكسجين من خامات الحديد، مبعثاً أكاسيد الكربون، تاركاً فلز الحديد وراءه.

تُنظَّف الغازات
المفلتة وتُستخدَم
ثانية في إحماء هواء
السَّفَع الساخن.

صمام
أمان

الفرن مُبَطَّن
بالطوب المقاوم
للحرارة.

تُدخل المواد الخام
عبر صمامين
جَرَسِيَّي الشكل
يمنعان انفلات
الغازات
الساخنة.

خام الحديد

حجر كلسي

فحم الكوك (المُخَصَّر)
بإحماء الفحم في
مَعزِل عن الهواء.

داخل فرن السَّفَع

تبدأ التفاعلات الكيميائية داخل الفرن عند سَفَع محتوياته بالهواء الحار جداً، فيشتعل الكوك مولداً في البدء ثاني أكسيد الكربون، ثم أول أكسيد الكربون - الذي يَحْتَرُلُ أكاسيد الحديد مُنتِجاً فلز الحديد وثاني أكسيد الكربون. وبهذا التفاعل الإحراقي، ترتفع درجات الحرارة داخل الفرن إلى ١٩٠٠°س، فيُنصهر الحديد ويتجمّع في القاع.

الحديد تحت المجهر

عند تكبير نُفَع من حديد الصُّب ٢٠٠ مرة تظهر فيها بلورات الكربون (بالأزرق). أما الخلفية الحمراء المليسة فهي الحديد (ويُدعى الفريت). بلورات الكربون تجعل الحديد قَصباً.



الخَبَث

يُضاف الحجر
الكلسي إلى الفرن لأنه
يَمْتَزَج ويتحد بالرَّمْل
والصلصال والخصى في خامات
الحديد، مُكوّناً قُصَالَةً، تدعى
الخَبَث، تطفو فوق المعدن المنصهر.

هنري بيسمر
الفولاذ أكثر
أشكال الحديد
استعمالاً، وقد
كانت عملية إزالة
الكربون منه باهظة
التكلفة. وفي عام ١٨٥٦،



ابتكر المخترع البريطاني، هنري بيسمر (١٨١٣-١٨٩٨)، طريقة رخيصة لإزالة معظم الكربون؛ وذلك بتنفث الهواء عبر المعدن المنصهر في مُحَوِّل يحمل اسمه «محوِّل بيسمر» فيزيل أكسجين الهواء الكربون منه.

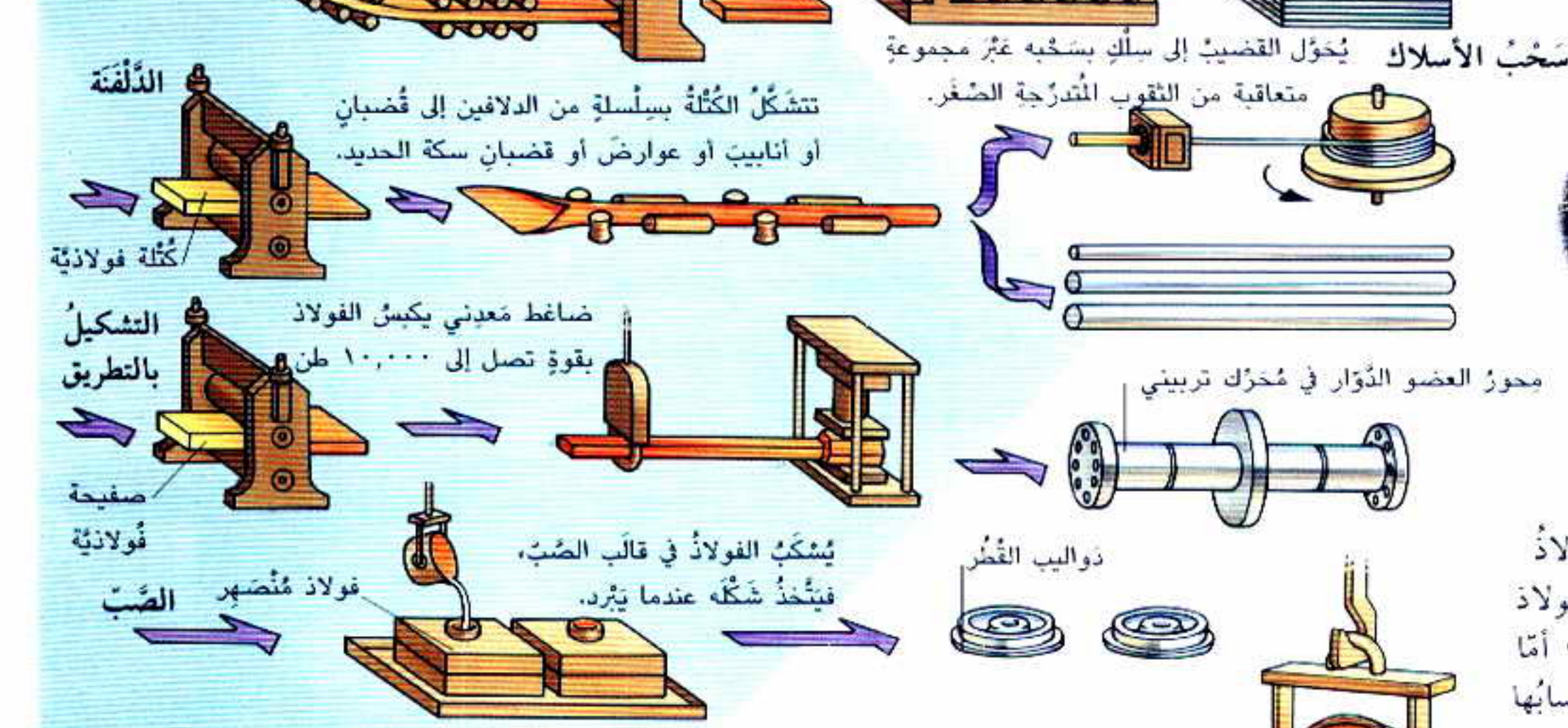
انبوب العَصَف حَوَّل
الفرن يأتيه بهواء السَّفَع
الحار (الذي يكتسب
الفرن اسمه منه).

مِغْرَفَة لِتَقْل
الحديد المنصهر

مَخْرَجُ الخَبَث
المنصهر

الشوائب

نقاوة الحديد المُستخرج من الفرن العالي (فرن السَّفَع) تتراوح بين ٩٠ و ٩٥ في المئة. والشائبة الرئيسية فيه هي الكربون الذي يَمْتَصُّه الحديد من الكوك، فيكسبه صلابة تُحد من متانته. لذا يُحوَّل معظم الحديد إلى فولاذ بحري أقل من ١,٧ في المئة من الكربون.

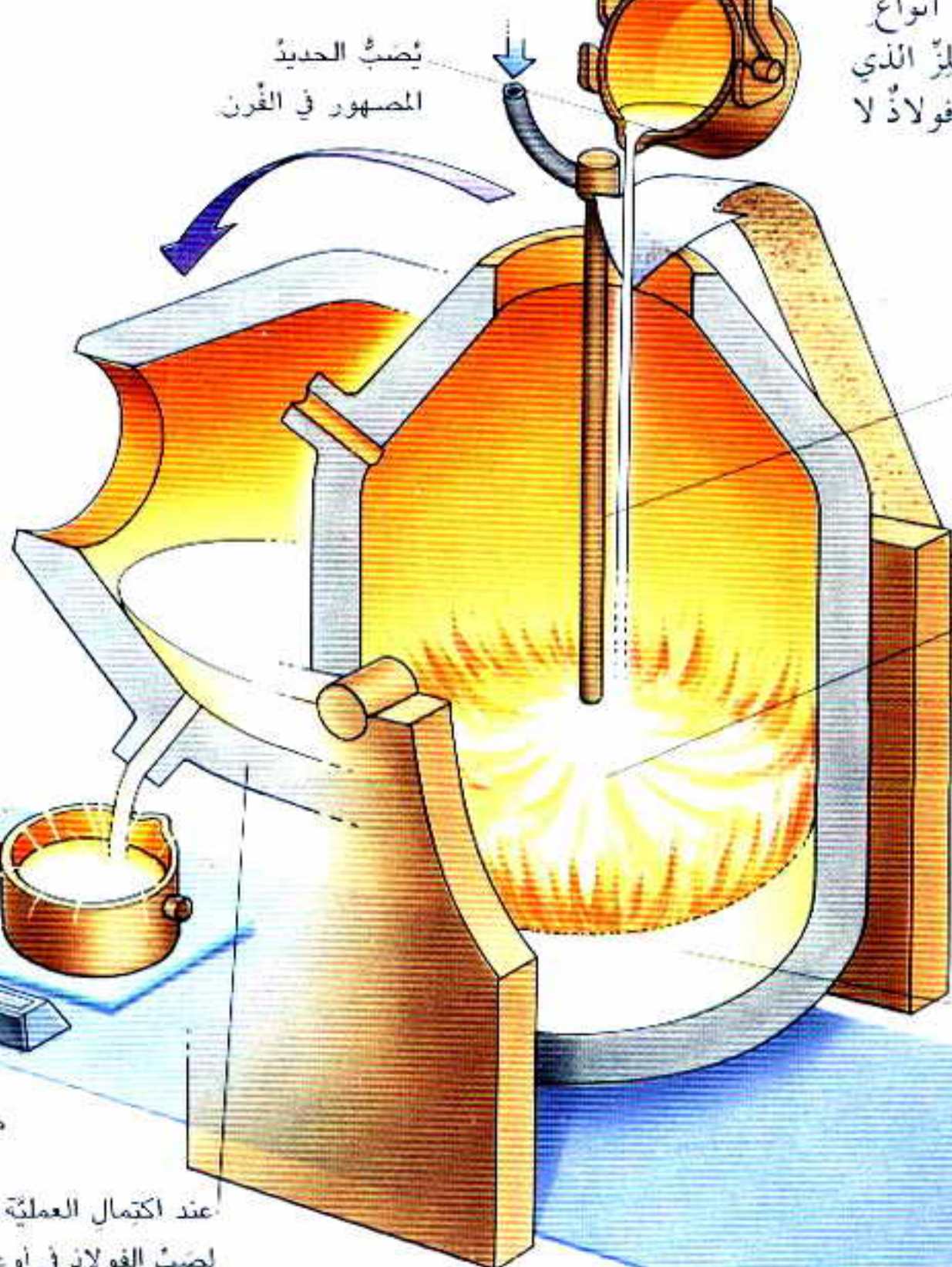


الفولاذ أنواع

هناك نوعان رئيسيان من الفولاذ - الفولاذ الكربوني وفولاذ السبائك. ففولاذ الكربون الخفيف الكربون متينة وسهلة التشكيل؛ أما العالية الكربون فصلدة وقصيفة يمكن إكسابها أطراف قطع حادة. وتتميز خصائص أنواع فولاد السبائك المختلفة تبعاً لنوع الفلز الذي تُضاف به، ففولاذ الكروم والنيكل هو فولاد لا يصدا صامداً للحك والبلى.

تشكيل الفولاذ

يُشكّل الفولاذ بطرق متنوعة. فبالدلفنة تُضغَط الصّبب الفولاذية وتُمدّد صفائح أو أنابيب أو شرائح. وبالسحب يُشدّ الفولاذ المدلفن عبر ثقوب متفاوتة القُطر لصنع الأسلاك؛ وبالصّب يُترك الفولاذ في القوالب حتى يبرد ويجتمد؛ أما فولاد الحدادة فيُشكّل بالطريق على الساخن.



بعد القُرن

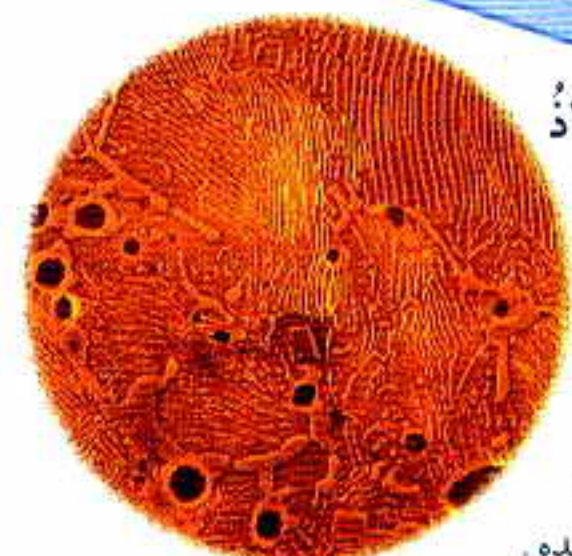
يُسكب فولاد المغارف المنصهر في قوالب لصنع الصّبب، أو في خزان يزود عملية صبّ مستمر. معظم الفولاذ يُعدّ كتلاً بطريقة الصّبب المستمرّ كونه أرخص وذا نوعية أجود. وهذه الكتل يمكن تشكيلها بعدئذٍ بالدلفنة أو الطريق أو الصّب.

صُبب من الفولاذ

عند اكتمال العملية يَمَلُ القُرن لصبّ الفولاذ في أوعية (أو مغارف) السكب، أما الخَبث فيُزال بقلب القُرن رأساً على عقب.

القُرن الأكسجيني القاعدي

يجري تحويل الحديد إلى فولاد في معظمه حالياً في القُرن الأكسجيني القاعدي. فيُسكب في القُرن مزيج من الحديد وحُرْدَةُ الفولاذ ويُنفث الأكسجين فيه. فيتحد الأكسجين مع كربون الحديد، مُزيلًا معظم الكربون من الحديد كأول أكسيد الكربون. إن بمقدور قُرن من هذا النوع إنتاج قُرابة ٣٥٠ طناً من الفولاذ في مدى ٤٠ دقيقة فقط.



الفولاذ

تحت المِجهر

تبيّن الصورة المُقابلة فولاداً خفيض الكربون، يحوي ٠.٨٧٪ من الكربون. وتباين بُنية الفولاذ ونسجته تبعاً لكميّات الكربون المتفاوتة فيه ولطريقة تبريده.

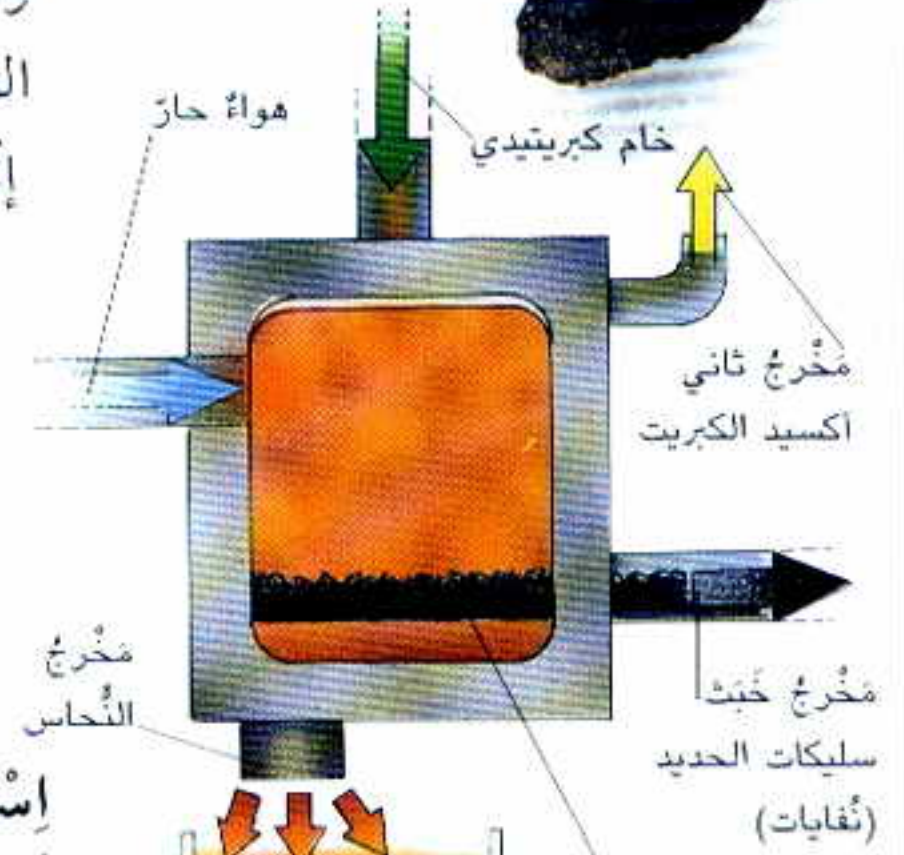
لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- الكربون ص ٤٠
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- مُنتجات الفحم ص ٩٦
- الصُّحُور الرُشُوبية ص ٢٢٣
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

النحاس

النحاس حوالينا، وقد لا نراه، حيثما هنالك نور أو جهاز كهربائي. فجدران المباني، ومختلف المؤسسات، وسقوفها تحوي أسلاكاً نحاسية توصل التيار إلى مختلف المقاييس والتركيبات الكهربائية فيها. يوجد النحاس خاماً في الطبيعة بنقاوة تتراوح بين ٠,٥ إلى ١٪. وهذا يعني أن إنتاج النحاس العالمي، المقدّر بـ ٩,٦ مليون طن، يقتضي معالجة أكثر من ألف مليون طن من الخام الصخري لاستخراجه!

الكوكوبيريت خام
كبريتيدي -
يحتوي النحاس
مُتحدداً بالحديد
والكبريت.



استخراج النحاس

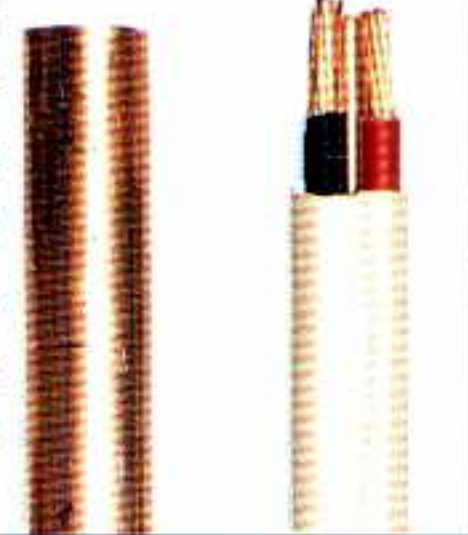
يُستخرج معظم النحاس من خام كبريتيدي يحتوي الحديد والكبريت والنحاس. يُنفث الهواء الحار داخل الفرن لفصل النحاس عن الحديد والكبريت اللذين يتفاعلا مع الأكسجين ليولدا أكسيد الحديد وثاني أكسيد الكبريت. تاركين فلز النحاس المنصهر في القاع. هذا النحاس، ويُعرف بالنحاس المنقَط، تصل نقاوته إلى ٩٨ في المئة. وللقاوة الكاملة يُصار إلى عملية الكهرلة (التحليل بالكهرباء) لإزالة الشوائب المتبقية.

يُصب النحاس المنصهر صفائح - عرض الوحدة منها (نحاساً مُنقَطاً) متر واحد، ووزنها ٤٠٠ كغ. ملفّات في مُحرّك كهربائي



استعمالات النحاس

النحاس مُوصّل جيّد للحرارة والكهرباء؛ لذلك يُصنّع منه مختلف أنواع المقالي والطناجر، كما جميع أنواع أنابيب المياه الساخنة في المنازل والمصانع. كذلك يُستخدم النحاس لصنع البنايط الكهربائية المختلفة كمايغات الصواعق وملفات المحركات الكهربائية. والنحاس بطبيعته لا يصدأ بسهولة، فيدوم طويلاً.



التصويل

تُعالج خامات الأكاسيد النحاسية بالتصويل، فيرد عليها حامض الكبريتيك الذي يذيب النحاس دون الشوائب الصخرية. ثم يُنقى محلول كبريتات النحاس الناتج بالكهرلة.

كاري إفرسون

تحتوي الخامات مزيجاً من الفلزّات النقيسة والشوائب الصخرية. وقد ابتكرت المعلمة الأمريكية، كاري إفرسون، عام ١٨٨٦، طريقة لفصلها. لقد طحنت الخام ومزجته بزييت وحامض، فحصلت بذلك على زييت رُغائي تستعلق فيه الفلزّات النقيسة وتطفو، بينما تترسب الشوائب الصخرية في القعر.



كاري إفرسون

الكهرلة (التحليل بالكهرباء)

تُنقى صفائح النحاس المنقَط بالكهرلة، فتعلق الصفائح كالكاثود موجب (أو أنود) في محلول من كبريتات النحاس وحامض الكبريتيك. ويمرر الكهرباء عبر المحلول، يذاب نحاس الأنود ويتجمّع نقياً حول الإلكترود السالب (أو الكاثود)، بينما تترسب الشوائب كدادة في القاع.



صورة مجهرية للنحاس



تتجمّع الشوائب كدادة في القاع
تتكسّر ذرات النحاس بطريقة منتظمة لتكوّن بلورات. إن الطريقة التي تتشابه بها البلورات هي التي تجعل النحاس قابلاً للتطريق والسحب والتشكيل.



ذهب



فضة



بلاتين

مُنتجات ثانوية في النحاس

الذهب والفضة والبلاتين فلزّات نقيسة تتواجد نقيّة في الطبيعة. لكن تُستخلص كميات مهمّة من هذه الفلزّات من الكدادات الناتجة خلال كهرلة النحاس.

لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات الانتقالية ص ٣٦
- سلسلة التفاعلية ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- السبائك ص ٨٨
- حامض الكبريتيك ص ٨٩
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الألومنيوم



في هياكل الدراجات

الألومنيوم سهل التشغيل والتشكيل، وهو في هياكل الدراجة الأنوبي يُوفر لدراج السباقات دَرَجَةً فائقة الخفة.

طول الخلية الإلكتروليتيّة الواحدة ٩ أمتار وعرضها ٤ أمتار. وتتدلى أنودات الكربون في الكريوليت المنصهر.

يُمُرُّ التيار الكهربائي عبر السائل طارداً الأكسجين من أكسيد الألومنيوم نحو الأنودات (الإلكتروادات الموجبة).

يتجمّع الألومنيوم المنصهر حول الكاثود الكربوني الذي يُنطِن قاع الخلية الإلكتروليتيّة وجوانبها.

يُجمّع الألومنيوم ويُستخدَم في صنع العديد من المنتجات، كما يُعاد تدويره بسهولة.

الألومنيوم أكثر الفلزّات وفرةً في الأرض، ويوجد في أنواع الصّخور المُختلفة؛ لكنّ مُعظم الألومنيوم يُستخرج من البوكسيت. وكون الألومنيوم يتحدّ مع غيره من العناصر بسهولة فإنّ فضله كفليزّ نقيّ يتطلّب قدرًا كبيرًا من الطاقة. فقبل أن يكتشف الكيماويون طريقةً رخيصة لاستخراجه، عام ١٨٨٦، كانت أسعاره تفوق أسعار الفضة والذهب بكثير. ونظرًا لخصائصه المتميّزة، يُستخدم الألومنيوم اليوم في مختلف الصناعات - من الأواني المنزليّة إلى الكبّلات الكهربائيّة وأجزاء السيّارات والطائرات.



تكوّن البوكسيت، خامّ الألومنيوم الرئيسي، بفعل التجوية وتفتّت الصخور الحاوية لـسيليكات الألومنيوم على مدى فتراتٍ طويلة.

إستخراج الألومنيوم

يُستخرج الألومنيوم من البوكسيت بعمليةٍ باير متبوعة بالكهرلة. ففي عملية باير، يُمزج البوكسيت مع الصودا الكاوية ويُسخن، فينتج عن ذلك بلّورات سكرية الشكل من أكسيد الألومنيوم النقيّ. ثمّ تذاب هذه البلّورات في الكريوليت (ألومينات الصوديوم الفلوريديّة) المنصهر. ومن ثمّ تنفكّ هذه البلّورات بالكهرلة إلى ألومنيوم وأكسجين.



تُبَخَّر الحرارة ماء البلّورات تاركةً مسحوقًا ناعمًا.

عندما يبرد المحلول، تتشكّل بلّورات أكسيد الألومنيوم تاركةً هيدروكسيد الصوديوم.

يُستخدَم هذا الدوّالِب الضخم لاحتقار البوكسيت من قشرة الأرض.

يُكسَّر خامّ البوكسيت إلى قطع صغيرة.

يُضَاف هيدروكسيد الصوديوم إلى البوكسيت ثمّ يُضخّ إلى خزانٍ كبير يُدعى الهضام.

الضغط العالي والحرارة يُمكنان هيدروكسيد الصوديوم من «هضم» البوكسيت (أي تفكيكه إلى مُقوّماته). فيذوب أكسيد الألومنيوم، من الخام، مُكوّنًا محلولًا من ألومينات الصوديوم، بينما يُزيل المرشّح الشوائب غير الذوّابة.

كيماويّان مُتزامنان

في عام ١٨٨٦، اكتشف الكيماويّان الشابان تشارلز مارتين هول (١٨٦٣-١٩١٤)، التلميذ في معهد أوبرلن في الولايات المتحدة الأمريكيّة، و ب. ل. ت. هيرولت (١٨٦٣-١٩١٤)، الكيماويّ الشاب الذي كان يعمل في فرنسا - اكتشافا مُستقلين الطريقة الكهربائيّة لاستخراج الألومنيوم. فخفض اكتشافهما ثمن الألومنيوم إلى جزءٍ من ثمن الفضة في غضون أربع سنوات. ومن غرائب الصّدف أنّهما لم يتوصّلا إلى اكتشافهما

ذاك وهما في العمر نفسه فقط، بل إنّهما ماتا في العام نفسه، بفارق ثمانية أشهرٍ واحدهما عن الآخر.



إستعمال الألومنيوم

عندما يتعرّض سطح الألومنيوم لأكسجين الهواء، تتكوّن طبقة سميكة من أكسيد الألومنيوم، تمنع عنه الهواء وتوقّف تآكل السطح بالصدأ. والألومنيوم فليزّ متينٌ وخفيف وموصّل جيّد للكهرباء، لذا يُستخدَم في صنع أجزاء الطائرات والسيّارات والشّاحنات والكبّلات الكهربائيّة.

لزيد من المعلومات انظر

- الفلزّات الوضيعة ص ٣٨
- سلسلة التفاعليّة ص ٦٦
- الكهرلة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- صناعة الكيماويّات ص ٨٢
- السبائك ص ٨٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

السبائك

كان من مُعِيقَات المَحَارِبِ القديم قبلَ عصرِ الحَديد (قبل ١٠٠٠ ق.م.) اضطراره للتوقف عن القتال خلال المعركة لتقويم سيفه البرونزي - علماً أن البرونز أكثر صلادة من النحاس؛ إنَّ مُعْظَمَ الفِلِزَّاتِ النقيّة هي فلِزَّاتٌ ضعيفة ليّنة، لكن عندما يُمزَجُ فلِزَّانِ طَريَّانِ فالسبيكةُ الناتجةُ أصلبُ من كليهما. وتتغيّرُ خصائصُ السبيكة بتغيّرِ كمّيَّاتِ الفِلِزَّاتِ الدّاخِلة في مَزيجها. وتتألّفُ مُعْظَمُ السبائكِ من فلِزّين أو أكثر، لكنّ بعضها قد يحوي لافِلِزّاً كالكَربون، كما هي الحال في سبائك الفولاذ.



السبيكة الأولى

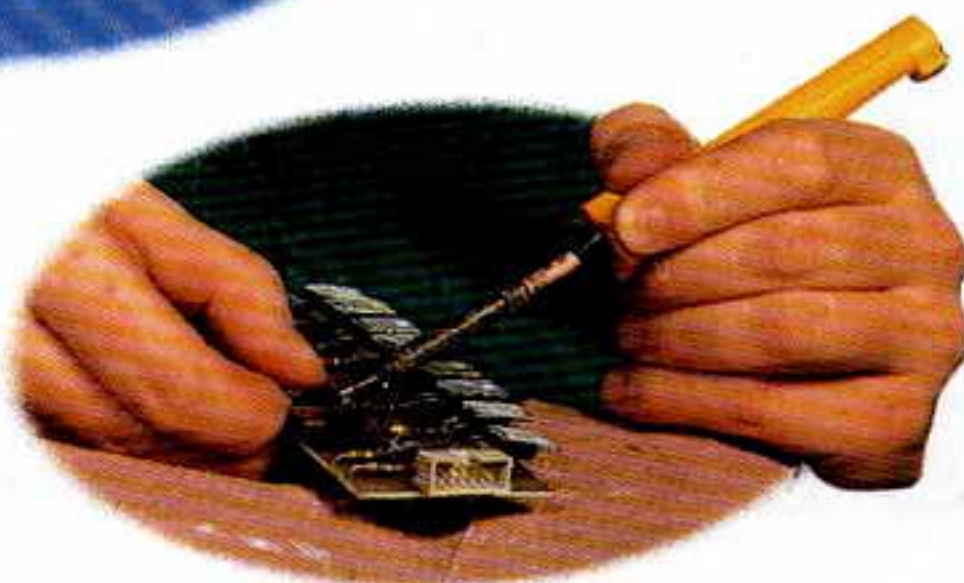
منذ حوالي ٦٠٠٠ سنة، اكتشف الناس أن النحاس يزداد صلابة عند مزجه بالقصدير. وطفى استعمال تلك السبيكة البرونزية على مجمل الاستخدامات المعدنية حيثُ حتى دُعي ذلك العصرُ بالعصرِ البرونزي.

إنَّ مَزْجَ الألومنيوم بالمغنسيوم والنحاس يُوفّرُ هيكلًا خفيفًا للطائرات - هو من القوّة والمتانة بحيثُ يصمّدُ لِسرعة الرياحِ العاليةِ وصدماتِ الخطّ.



دَرَجَاتُ الحرارة العالية

تَقطَعُ لُقْمَةُ الثَّقْبِ مسارَها عِبرَ الموادِّ الصّلبة، مُدَوِّمَةً آلافَ المَرَّاتِ في الدّقيقة. وتوفّرُ سبيكةُ كريد التنجستن التي تزيد درجة انصهارها على ٢٩٠٠°س الصلادة لِقِيَامِ بذلك.



دَرَجَاتُ الحرارة الخفيفة

سبيكةُ اللّحام التي هي مَزِيجٌ من القصدير والرصاص مثاليّةٌ لِوَضَلِ طَرَفَيْنِ فلِزّيين بعضهما مع بعض، إذ إنّ درجة انصهارها أخفضُ من كلا درجتَي انصهار فلِزّيها النقيّين. فهي إنّما تولّدُ جِسراً بين الطرفين اللذين تربطهما دون أن تلحق الضررَ بأيّ



سبيكة الأسنان

يُستخدَمُ أطباءُ الأسنان المُلغم - وهو سبيكة من الزئبق والفضة والقصدير والخارصين والنحاس - في حشو التجاويف السنية. وهذا المُلغم يُمكنُ تشكيله، كالمعجونة، لِيَتلاءَمَ مع كفافِ الأسنان قبل أن يتصلّب.

في المَحْرُوكِ النَفْثَاتِ، تَنْتَبِثُ شَفَرَاتُ التربين في مواقعها بواسطة أقراص تُصنَعُ من سبيكة فائقة تتألّفُ من ١١ عنصراً منها النيكل والتيتانيوم.

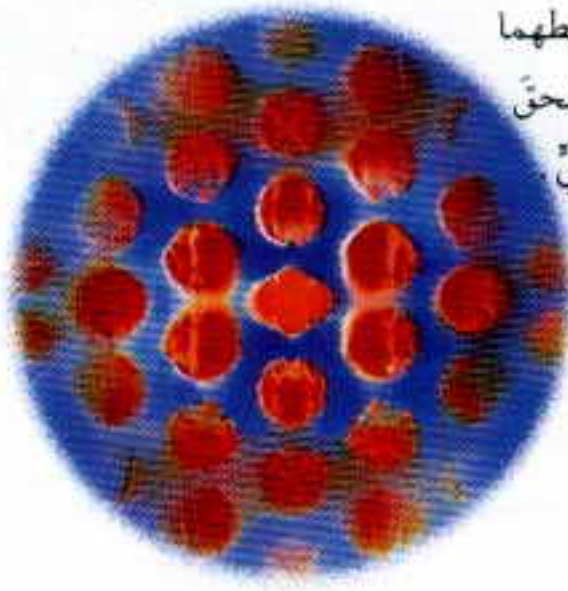
سبائك الطائرات

تتطلّبُ هياكلُ الطائراتِ النَّفْثَاةِ سبائكٌ خفيفةٌ لجعل الإقلاع سهلاً واستهلاكِ الوقود خفيفاً. كما تتطلّبُ محركاتُها سبائكٌ خاصّةٌ تصمّدُ لِدرجات الحرارة العالية. إنّ شَفَرَاتِ التربين في مُقَدِّمةِ المَحْرُوكِ مثلاً، التي تدوّمُ بِسرعةٍ كبيرة، تُسْفُطُ الهواءَ إلى الداخل على دَرَجَاتِ حرارة تصلُ إلى ٦٠٠°س.

صُنْعُ السبائك

تُصنَعُ مُعْظَمُ السبائكِ بِصَهْرِ الفِلِزَّاتِ ومَزَجِها بعضُها مع بعض - شَرَطُ الأَ يبدأ أحدُ الفِلِزّين بالغليان قبل أن ينصهر الآخر. ففي صُنْعِ النحاس الأصفر مثلاً، يُسْقَطُ الخارصينُ الجامد في النحاس المنصهر. أمّا إذا أُحميا معاً فإنَّ الخارصين قد يتبخّرُ كُلُّهُ قبل انصهار النحاس.

يَذوبُ فلِزّاً السبيكة واحدهما في الآخر، وتمتزج ذراتُهما بِحرّيةٍ وتتشابكُ معاً لِتَشكُلَ بِلُورَاتٍ قويّةٍ عندما تبرد.



لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيماوي ص ٢٨
- الفِلِزَّاتُ القِلْوِيّةُ ص ٣٤
- الفِلِزَّاتُ الانْتِقَالِيّةُ ص ٣٦
- الفِلِزَّاتُ الوَضِيعَةُ ص ٣٨
- سِلْسِلَةُ التفاعِلِيّةُ ص ٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

حامض الكبريتيك

العلاقة المشتركة بين الأسمدة والدهانات والمتفجرات والمنظفات هي أن حامض الكبريتيك يدخل في تصنيع كل منها. فحامض الكبريتيك من المواد الهامة جدًا للصناعة بحيث قلما ترى حولك شيئاً لم يدخل هذا الحامض في صناعته. حامض الكبريتيك لا يتواجد طبيعياً، بل يُصنع، ويبلغ ما يُنتج منه سنوياً قرابة ١٥٠ مليون طن. ومما يجعل تصنيعه قليل التكلفة أن الحرارة المهدورة في إحدى مراحل عملية تحضيره يمكن استخدامها كمصدر حراري للمرحلة التالية.

الكبريت هو المادة الأولية الرئيسية لصنع حامض الكبريتيك إضافة إلى الماء والهواء.



حرارة بخار الماء الساري في الأنبوب الملولب تصهر الكبريت قبل أن يزد في داخل الفرن.

المبادل الحراري

يُسفَع الهواء الجاف إلى داخل الفرن فيتحكم أكسجين الهواء بالكبريت مولداً غاز ثاني أكسيد الكبريت.

في المخول تزد كميات إضافية من الأكسجين لتحويل ثاني أكسيد الكبريت إلى ثالث أكسيد الكبريت.

جان أنطوان شبتال

في القرن الثامن عشر أخذت المصانع تستخدم حامض الكبريتيك في صنع الجبس والأصباغ والأزوار. ولحظ الكيميائي الفرنسي، جان أنطوان شبتال (١٧٥٦-١٨٣٢) الحاجة إلى تصنيع حامض الكبريتيك على نطاق واسع لاستخدامه في تلك الصناعات وسواها من الصناعات المتسارعة النمو. وقد تم له في الفترة بين ١٧٨٠ و ١٧٩٠ إقامة أول مصنع لإنتاج حامض الكبريتيك تجارياً في مونبلييه، فرنسا.



المخول

جهاز الامتصاص

يمر ثالث أكسيد الكبريت عبر زناد من حامض الكبريتيك الذي يمتصه لينغدو حامضاً مركزاً. مُحْكناً يدعى الأوليوم.

كيمياوياً يمكن إضافة ثالث أكسيد الكبريت إلى الماء مباشرة لإنتاج حامض الكبريتيك. لكن التفاعل يكون غنياً وخطراً.

يُخَفَّف الأوليوم (حمض الكبريتيك المدخن) بالماء للحصول على حامض الكبريتيك بالتركيز المطلوب.

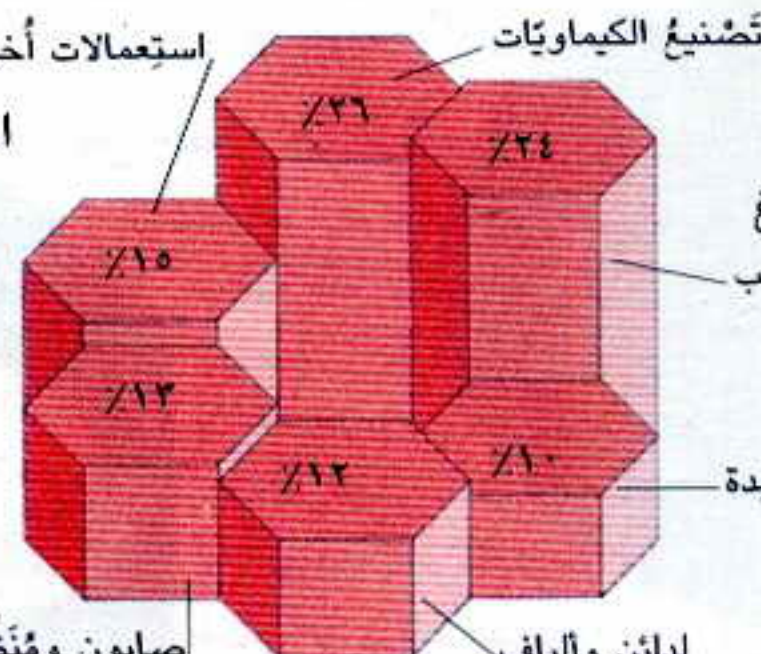
تصنيع الحامض

هنالك ثلاث مراحل في تصنيع حامض الكبريتيك. ففي المرحلة الأولى، يُحمى الكبريت والهواء لتحضير ثاني أكسيد الكبريت. وفي المرحلة الثانية التي تُعرف بطريقة التلامس، يُمزج ثاني أكسيد الكبريت مع الهواء لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت. وأخيراً، يذاب ثالث أكسيد الكبريت في حامض الكبريتيك ليؤلد حامض الكبريتيك المدخن (الأوليوم)، الذي هو شكل فائق التركيز من حامض الكبريتيك.

استعمالات حامض الكبريتيك

حامض الكبريتيك مهم جداً في الصناعة لأنه يتفاعل بسرعة مع المواد الأخرى، مزيلاً الفلزات والأكسجين والماء والمواد الأخرى غير المرغوب فيها. فضلاً عن استعماله في تصنيع العديد من الكيماويات، يُستخدم حامض الكبريتيك في بطاريات السيارات وفي تكرير النفط وتنظيف الفلزات.

استعمالات أخرى



طريقة التلامس

تفاعل الكبريت مع الأكسجين بطيء في غياب الحفازات. ولتسريع التفاعل تُستخدم كرات صغيرة من خامس أكسيد الفاناديوم، كحفاز، إذ توفر هذه الكرات مساحة سطح شاسعة تستقر عليها جزيئات الكبريت والأكسجين، فتتقارب وتتلاصق وتتفاعل بسرعة.



الرايون (الحرير الصناعي)

يُصنع الرايون من عجينة الخشب مذابة في مزيج من الماء والصودا الكاوية وثاني كبريتيد الكربون. ويدفع السائل الحاصل للزج (الفسكوز) عبر هذا الرأس المثقب (به ١٠ آلاف ثقب) إلى مغس من حامض الكبريتيك فيتصلب خيوطاً.

لزيد من المعلومات انظر

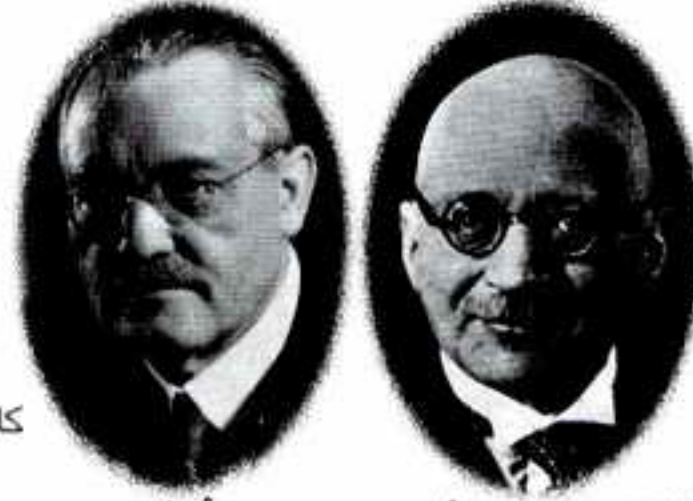
- الكبريت ص ٤٥
- الحفازات ص ٥٦
- الأكسدة والاختزال ص ٦٤
- الحوامض ص ٦٨
- الأمويا ص ٩٠

الأمونيا

إن تتشقق نَفْحَةٌ من الأمونيا (أو غاز النشادر) تُدرك كم هي نفاذة رائحته. وفي القرن التاسع عشر كان غاز النشادر (الذي هو مُرَكَّبٌ عديم اللون من النيتروجين والهيدروجين) يُستخدم في أملاح النشادر لإنعاش من يُعْمَى عليه. واليوم غدت الأمونيا مادةً أوليةً مُهمّةً في العديد من العمليات الكيميائية ولمنتجاتها - وبخاصّة الأسمدة - التي تستفيدُ قسمًا كبيرًا من الإنتاج السنوي للأمونيا، البالغ ١٤٠ مليون طن. هذه الأسمدة تُوفّرُ للنباتات النيتروجين الضروري لنموّها. والواقع أن نقص الأسمدة النيتروجينية ومسيّس الحاجة إليها كانا الدافع إلى تطوير صناعة الأمونيا على نطاقٍ واسع. ويبلغ ما تنتجُه المصانع الحديثة منها يوميًا مئات الأطنان.



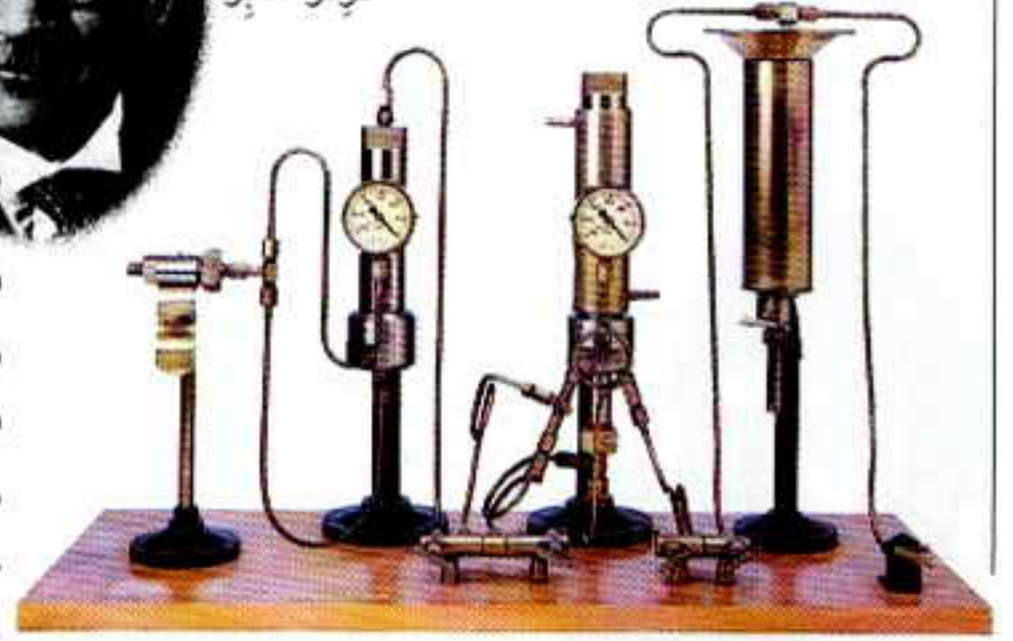
مُكوّنات الأمونيا
الهيدروجين والنيتروجين هما المادّتان الأوليتان في صنع الأمونيا. ويُحضّر الهيدروجين بمُفاعلة ميثان الغاز الطبيعي مع بخار الماء. أما النيتروجين فيُستخلص من الهواء.



كارل بوش

فريتز هابر وكارل بوش

في عام ١٩٠٨، استخدم الكيميائي الألماني، فريتز هابر (١٨٦٨-١٩٣٤)، الجهاز المبني (إلى اليمين) لإنتاج الأمونيا. ولم يكن تفاعل النيتروجين مع الهيدروجين عملية سهلة، لكن هابر نجح في تهيئة الظروف اللازمة مخبريًا لإحداث التفاعل. وبعد خمس سنوات، طوّر الكيميائي الصناعي الألماني، كارل بوش (١٨٧٤-١٩٤٠)، جهاز هابر المخبري إلى الحجم الصناعي. فكان عليه أن يصمّم مُعدّات ضخمة ومتينة تتحمّل الضغوط العالية ودرجات الحرارة المرتفعة اللازمة لتصنيع الأمونيا.



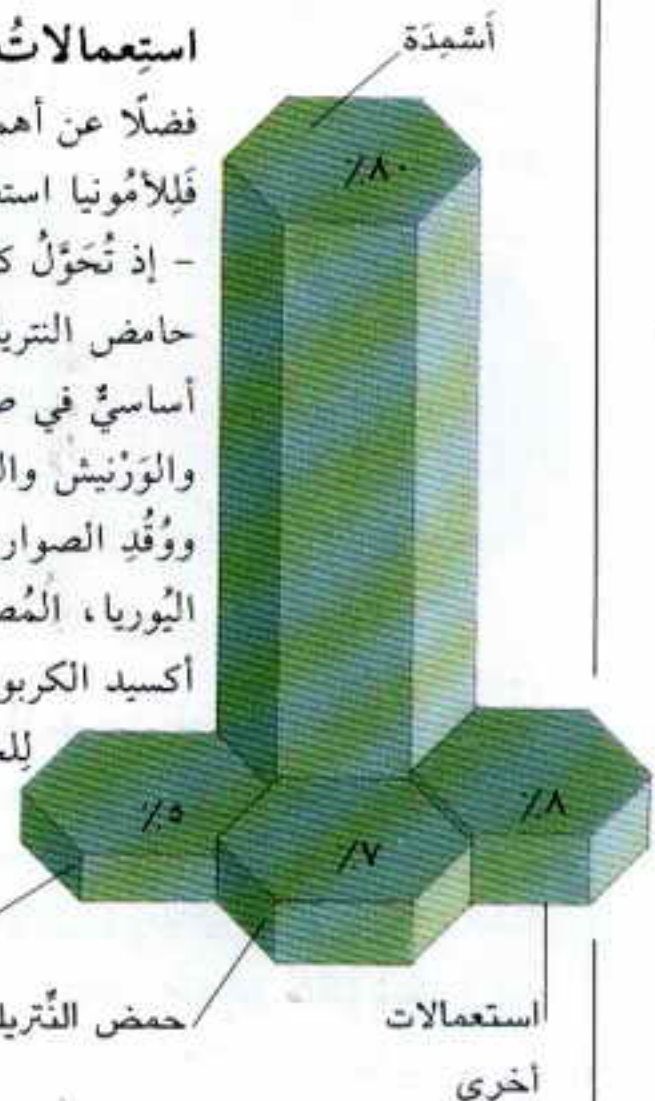
جهاز هابر لصنع الأمونيا

صنع الأمونيا

تُصنع الأمونيا اليوم في مصانع لا تزال تعتمد التصميم الأساسي التي وضعتها بوش. وعملية التصنيع مُعقّدة مُتعددة المراحل، من ضمنها تنقية النيتروجين والهيدروجين. أما المرحلة الأكثر أهمية فهي تحويل الغازين إلى أمونيا؛ وكان بوش قد أجرى ٦٥٠٠ تجربة ليجد أن الحديد هو الحفّاز الأفضل لتسريع التفاعل بينهما.

استعمالات الأمونيا

فضلاً عن أهميتها في تصنيع الأسمدة فللأمونيا استعمالات أخرى متعددة - إذ تُحوّل كمّيات كبيرة منها لإنتاج حامض النتريك. وهذا الحامض أساسي في صناعات النّيلون والورنيش واللاكيه والمتفجرات ووقود الصواريخ. كما تُستخدم اليوريا، المُصنّعة من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون، كغذاءٍ تكميلي للحيوانات الداجنة، وفي تصنيع اللدائن.



نيلون

حامض النتريك

استعمالات أخرى



مصانع الأمونيا الحديثة ضخمة ومعقّدة. في التجهيزات المبنيّة أعلاه تتم إزالة ثاني أكسيد الكربون من الهيدروجين - وما هذه إلا إحدى المراحل في تحضير إحدى المادتين الأوليتين من الميثان.

مبدئيًا يتحوّل أقل من ثلث الهيدروجين والنيتروجين إلى أمونيا، لكن يُعاد تدوير البقايا اللامتفاعلة تكرارًا حتى تنتج الأمونيا.

نيتروجين نقي

هيدروجين نقي

مكبس

غازان بضغط يفوق ضغط الهواء بـ ٢٥٠ مرة ويخفّيان إلى ٤٥٠° س.

عندما يَمَسُّ الغازان الساخنان الحفّاز (كرات الحديد الصغيرة في حجرة الحفّاز) تتجاذبُ جزيئاتهما وتتفاعلُ لَتنتج الأمونيا.

يُبرّد الغازات حتى تتسيّل الأمونيا ويمكن إفراغها.

تُدفّع الغازان الساخنان عبر حجرة حفّاز يبلغ ارتفاعها ٢٠ مترًا.

حجرة التبريد.

حجرة الحفّاز.

ضّاعط

استعمالات الأمونيا

فضلاً عن أهميتها في تصنيع الأسمدة فللأمونيا استعمالات أخرى متعددة - إذ تُحوّل كمّيات كبيرة منها لإنتاج حامض النتريك. وهذا الحامض أساسي في صناعات النّيلون والورنيش واللاكيه والمتفجرات ووقود الصواريخ. كما تُستخدم اليوريا، المُصنّعة من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون، كغذاءٍ تكميلي للحيوانات الداجنة، وفي تصنيع اللدائن.

نيتروجين نقي

هيدروجين نقي

مكبس

غازان بضغط يفوق ضغط الهواء بـ ٢٥٠ مرة ويخفّيان إلى ٤٥٠° س.

عندما يَمَسُّ الغازان الساخنان الحفّاز (كرات الحديد الصغيرة في حجرة الحفّاز) تتجاذبُ جزيئاتهما وتتفاعلُ لَتنتج الأمونيا.

يُبرّد الغازات حتى تتسيّل الأمونيا ويمكن إفراغها.

تُدفّع الغازان الساخنان عبر حجرة حفّاز يبلغ ارتفاعها ٢٠ مترًا.

حجرة التبريد.

حجرة الحفّاز.

ضّاعط

استعمالات الأمونيا

فضلاً عن أهميتها في تصنيع الأسمدة فللأمونيا استعمالات أخرى متعددة - إذ تُحوّل كمّيات كبيرة منها لإنتاج حامض النتريك. وهذا الحامض أساسي في صناعات النّيلون والورنيش واللاكيه والمتفجرات ووقود الصواريخ. كما تُستخدم اليوريا، المُصنّعة من الأمونيا وثاني أكسيد الكربون، كغذاءٍ تكميلي للحيوانات الداجنة، وفي تصنيع اللدائن.

من حمض إلى سَمَاد

يُستخدم المزارعون أملاح الأمونيوم كسمادٍ كيميائي.

وتُصنع هذه الأملاح بمزج الأمونيا مع حمض النتريك الساخن، ثم يُدرّ المحلول من أعلى بُرج رشّ لتساقط القطرات في تيار صاعد من الهواء البارد مُكوّنة حبيبات مُكوّرة من نترات النشادر.



لمزيد من المعلومات انظر

- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- النيتروجين ص ٤٢
- الهيدروجين ص ٤٧
- الحفّازات ص ٥٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الكيمياء الزراعية

كثير من الطعام الذي نتناوله نتج أو أُنتج بمساعدة الكيماويات التي توفرها الصناعات الكيماوية - من أسمدة تحوي معادن مختلفة لا يزدهر نمو النباتات، أو تزدهر غلاتها وتزكو، بدونها، إلى كيماويات تتحكم في إنضاج الثمار كي لا تفسد قبل أكلها، إلى مغذيات كيماوية إضافية تُسرّع وتُعزّز نمو الحيوانات الداجنة وتجنبها الأمراض. غير أن كثيرا من الناس تقلقهم كمية الكيماويات المستخدمة في إنتاج الأطعمة. فتزايد استخدام الأسمدة الكيماوية مثلا يؤدي إلى تلوث المياه، كما إن بعض المبيدات قتال للنباتات والحيوانات غير المؤذية ويعرض البيئة وصحة الناس للخطر.

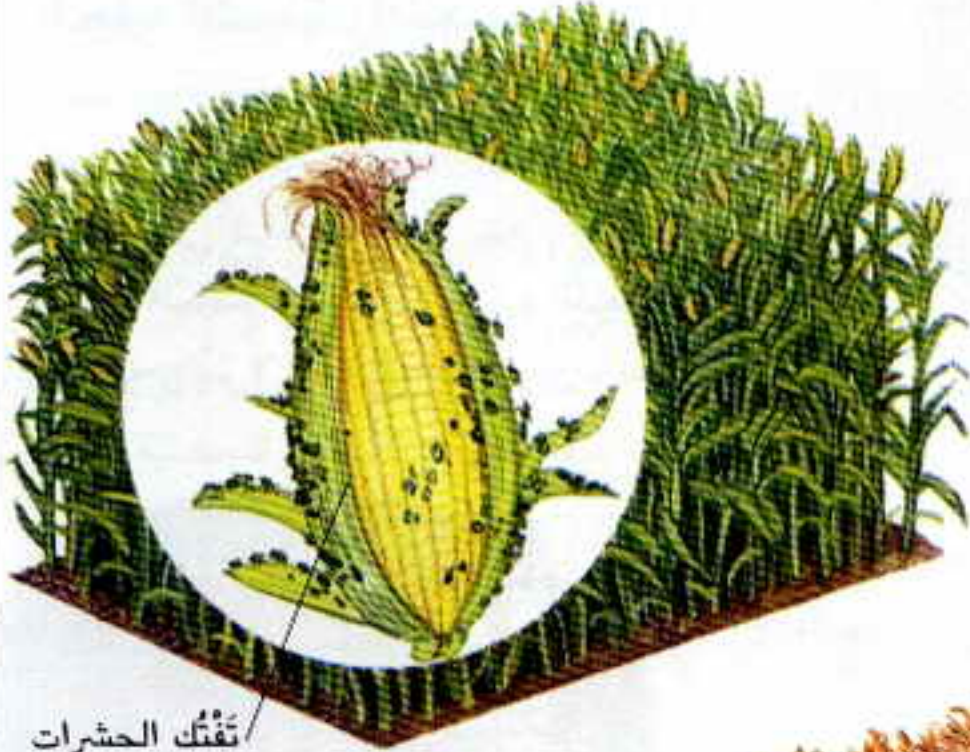


الأطعمة الكيماوية

بالإضافة إلى طعامها الطبيعي، تُعطى حيوانات المزارع حبيبات مغذية من الكيماويات تحوي تروحينًا إضافيًا يُساعد في تقويتها وتسريع نموها.

مبيدات الحشرات

يُقتل المبيد الحشرات بإحدى طرق ثلاث - مَسًا بمبيدات التماس أو سَمًا بالسُموم المعديّة، أو اختناقًا بالمُدخّات السامة.

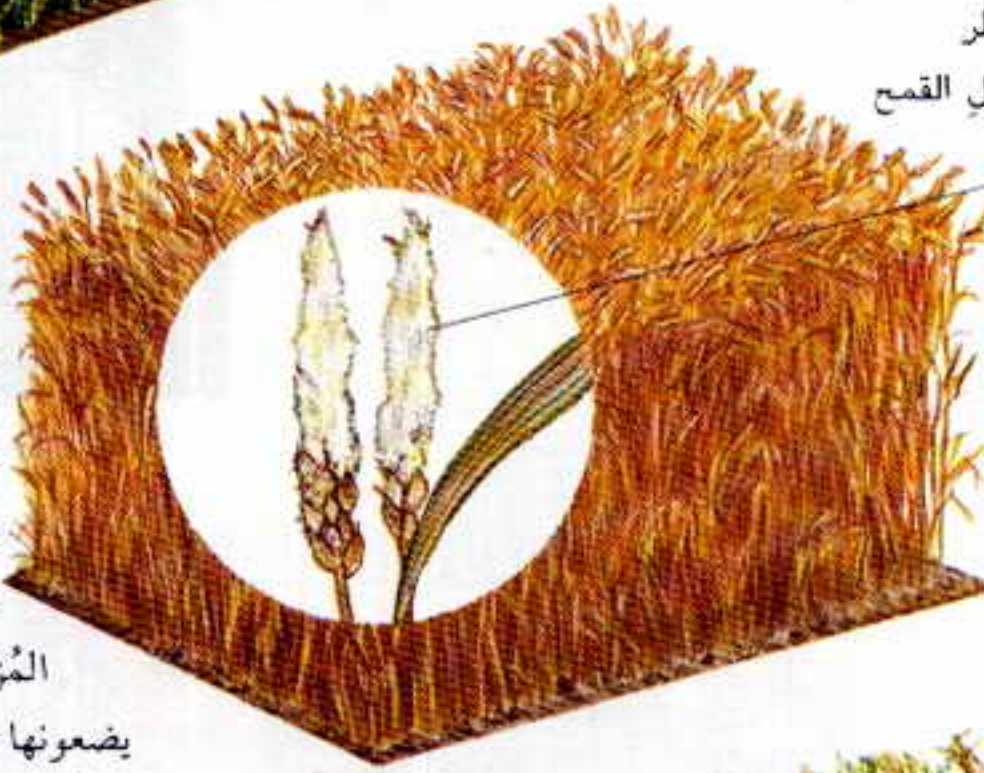


تفتك الحشرات بمزروعات الذرة.

قد تتلف الفُطر محصول حقل القمح بكامله.

مبيدات الفُطر

مبيدات الفُطر كيماويات غُضويّة، قد تحوي الحارصين والمنغيز والنحاس، يرشها المزارعون على مَزروعاتهم أو يضعونها في التربة. وبذلك تُمنع الفطريات من الانتشار وإتلاف كامل المحصول.



تحرّم الأعشاب الضارة النباتات الأخرى من الحيز ومن الطعام.



مبيدات الأعشاب الضارة

المبيدات تقتل الأعشاب الضارة بطرق متنوعة. فبعض المبيدات يُعطل عملية التخليق الضوئي فيحرّم الأعشاب من تخليق غذائها. وتعمل مبيدات أخرى بِسُميم خلايا النسيج الإنشائي في رؤوس جذور تلك الأعشاب وبراعم أغصانها.

كيماويات لتعزير المحاصيل

توفر الأسمدة شتى المعادن التي تحتاجها النباتات. ولكل معدن تأثيره الخاص في تعزيز النمو الخضري أو إثماريًا. واختبار تأثير سماد معين في هذا الصدد، يقوم المزارعون بمقارنة نمو وغلة مجموعتين من النباتات سُمدت إحداهما بالسماد المعين.

الزراعة العضوية

لا تتلقى زروع ومواشي المزرعة العضوية أي كيماويات اصطناعية - عُشب (طُحلت) بحري لا كأسمدة

ولا كمغذيات إضافية. فالمزارعون العضويون يعالجون التربة بالأسمدة الطبيعية (كالزبل) لتوفير المعادن اللازمة لمحاصيلهم. كما يعتمدون أسلوب تعاقب الزروع سنويًا في حقولهم لتفيد الزروع المُدَاوِرة على التوالي من مختلف المعادن الموجودة في السّماذ. وهذا الأسلوب يقطع أيضًا دورة حياة الآفات الزراعية ويخفض أعدادها. أما المغذيات الإضافية فتحصل عليها حيوانات المزرعة العضوية من الكيماويات الطبيعية المتواجدة في الأعشاب والطحالب البحرية.



مبيدات الآفات

كُل كائن حي يُعطل نمو المَزروعات أو المواشي يُدعى آفة. فقد تكون الآفة عُشبة تُنافس المَزروعات على الفضاء والماء والمعادن، أو فُطرًا يَدُسُ خيوطه الماصّة عبْر أنسجة النبات فيتلفها، أو حشرة تُفَضِمُ مساراتها خلال أوراق النبات وثماره وجذوره. ولتقليل أعداد هذه الآفات والحد من أضرارها يَعمد المزارعون لاستخدام المبيدات - وهي كيماويات مُصمّمة لتعطيل واحد أو أكثر من التفاعلات الحيوية في جسم الآفة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الفلزات القلوية ص ٣٤
- التروحين ص ٤٢
- الفُسفور ص ٤٣
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

صناعة الأغذية

لعلَّ مُعظمَ ما تناولته من طعام اليوم كان قد جُمِعَ من حقلٍ أو مزرعةٍ قبلَ عدَّةِ أسابيعٍ أو حتى أشهرٍ، لكنَّه لا يزالُ جيِّدًا طيِّبَ المذاق. فِصْناعَةُ الأغذية تعالجُ الكثيرَ من أطعمتنا بالكيمائيات ليبقى سليماً صالحاً للأكل - مَنظَرًا ومذاقًا. وهو بدونِ ذلك مُعرَّضٌ لِتسرُّبِ الميكروبات (كالجراثيم والفطريات) التي تُسرِّعانَ ما تفسدُه مُحيلةً إياه، كُلَّه أو بعضه، إلى مُركَّباتٍ كريهة المذاق والمَنظر، وربما سامةً أيضًا. لقد بدأ الإنسانُ معالجةَ الأغذية بالتعليق والتجفيف والتدخين منذُ آلاف السنين ليحفظها

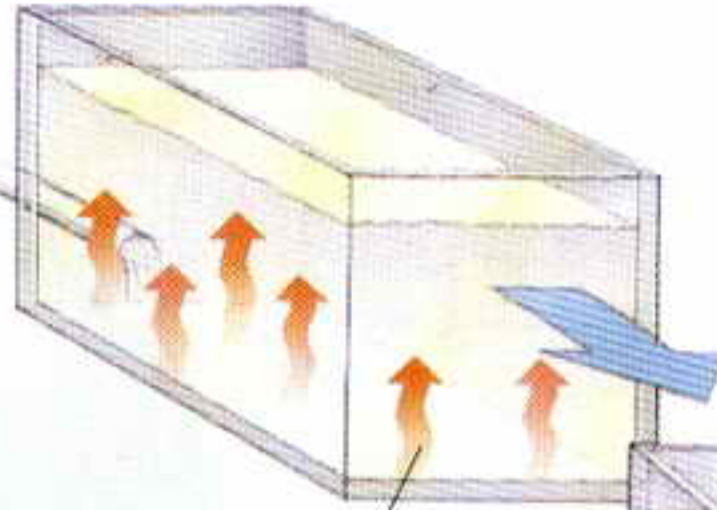
قوتًا له في أشهر الشتاء العجاف. واليوم، تقدَّمت صناعةُ الأغذية ووسائلُ نقلها بحيث غدت متاجرنا تعرضُ مُختلفَ أنواع المأكولات، من سائر أنحاء العالم، على مدار السنة.



التجفيد (التجفيف المُجمَّد الخوائي)
يعتمدُ رُوادُ الفضاء على الطعام المُجمَّد. ففي طريقة التجفيد، يُجمَّد الطعام أولًا ثم يُجفَّفُ على ضغطٍ خفيف. يمكنُ جفِّطُ الطعام المُجمَّد على درجة حرارة الغرفة، لأن الجراثيم لا تستطيع العيش بدون ماء.



يُنقل الحليب
مباشرةً إلى معامل الرَبدة
والجبن



يُنشَر الحليب
بالإحماء.

البسترة

الغليان يقتل الجراثيم، لكنَّه يُتلف بعض المُغذيات أيضًا. أمَّا في البسترة، فتُحمى السوائل، كالحليب، إلى درجة ٧٠° س لمدة ١٥ ثانية ثم تبرَّد بسرعة. بهذه الطريقة تُبَاد الجراثيم وتُحفظ النكهة.

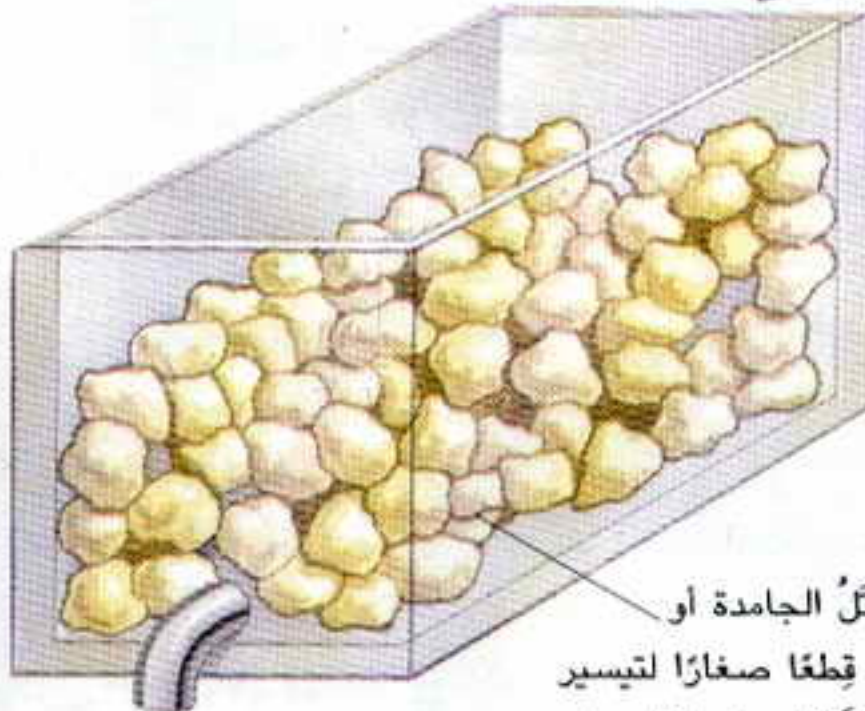
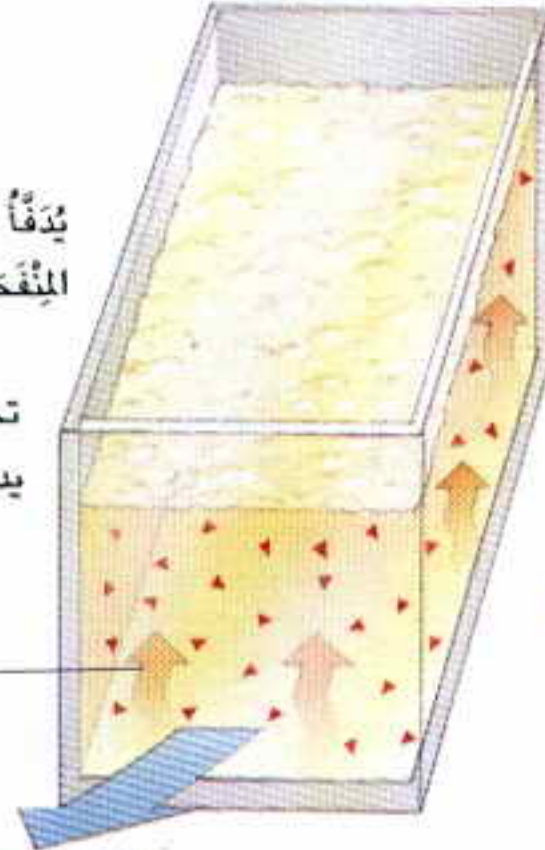
تُضاف بكتريّات خاصَّة إلى الحليب، وهذه تغتذي باللكتوز (سكر اللبن) وتحوِّله إلى حامض اللكتيك (حامض اللبن). وهذا الحامض يُخثِّر الحليب ويحمِّضه.

من حليب إلى جبن

الحليبُ محلولٌ مائيٌّ يحوي بروتينا وسُكَّرًا وفيتامينات ومعادن وقطراتٍ من الدَّهْن تجعله أبيض اللون. غير أنَّه يحوي أيضًا بعض البكتيريا التي تغتذي وتتكاثر فيه، محوِّلة إياه إلى سائل حمض في بضعة أيام. وقد اكتشف أسلافنا منذ القدم إمكانية جفِّط المُغذيات في الحليب بتحويله إلى جبن. اليوم، نعرف أنواعًا عديدة من الجبن، لكنَّ مُعظمها يمرُّ في إنتاجه بالمراحل الأساسية ذاتها.

تُمْلَع الخثارات وتُضغَط لإزالة ما تبقى بها من مصل. ثم تُشكَّل الخثارات في قوالب وتُخزن على رفوف باردة حتى تنضج إلى جبن.

يُدفَّأ الحليب وتضافُ إليه المُنْفَخَة (المُستخرجة من معد العجول). تحوي المُنْفَخَة أنزيمات يدعى الرنين (المنفخين) الذي يُخثِّر قسماً من الحليب إلى كتل جامدة.

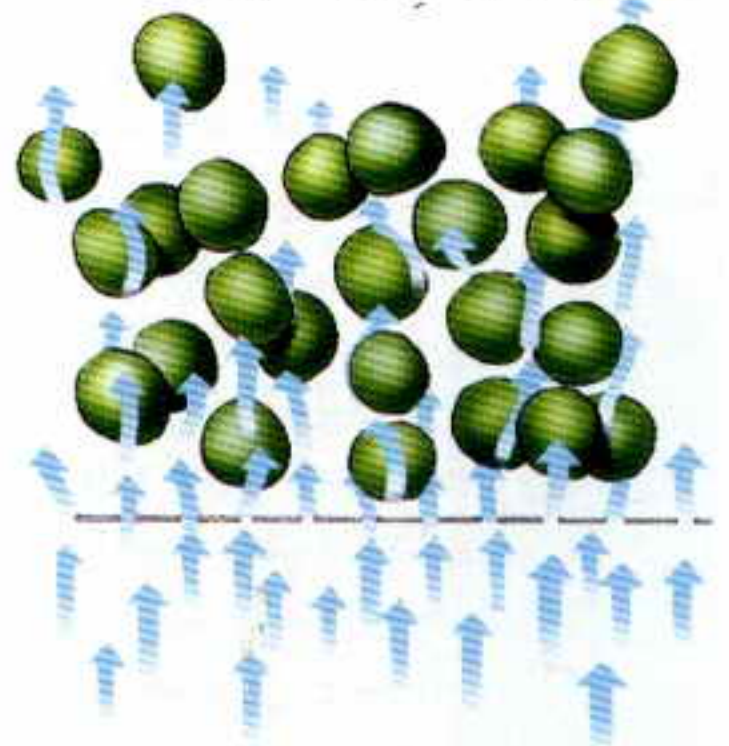


تُقَطَّع الكتلُ الجامدة أو الخثارات قطعًا صغيرًا لتيسير تصريف المصل. ويُستفاد من مصل اللبن هذا طعامًا لحيوانات المزرعة.



التعليق

نُشاهدُ في الحوانيت والمتاجر، صغيرها وكبيرها، قِصًا من الأغذية المُعلَّبة، المضمونة الجودة والصَّلاحية لمددٍ طويلة. ففي طريقة التعليق، الأكثر شيوعًا لحفظ المأكولات، تُغلى الأطعمة الطازجة هنيئةً أولًا للتخلُّص من أنزيماتها، ثم تُعلَّب وتُسَخَّن لإبادة الجراثيم؛ وأخيرًا، تُختم العلب جيدًا لمنع وصول الأكسجين والجراثيم إلى محتوياتها.



التجميد السريع

الجراثيم لا تستطيع الاغْتِذاء والتكاثر في طعام مُجمَّد. في التجميد المائي، تُمرَّر موادُّ الطعام الصغيرة، كالبسلي على سَيْرٍ ناقلٍ فوق عَضَفٍ من الهواء البارد (-٣٤° س). فتتقافزُ حبوبُ البسلي في الهواء بحريةٍ بعضها فوق بعض، كالجسيمات في مائع، وتتجمَّد في دقائق معدودات.

مُضافات الأطعمة

إعداد الوجبات الخفيفة، كالمِنيّة هنا، وتناولها لا يستغرق طويلاً. غير أنّ هذه الوجبات تحوي نسباً عالية من الدهون والسكر وغالباً ما تكون مقوماتها معالجة بالكيماويات والمُضافات. لذا ينبغي اللجوء إليها عند الاقتضاء فقط. صناعة الأغذية تستخدم المضافات لمنع فساد الطعام قبل أكله، وقد تُضفي عليه منظرًا جذابًا ومذاقًا طيبًا. وهناك المئات من مختلف المُضافات، بعضها طبيعي والبعض الآخر اصطناعي.

المُنكهات

بعض المشروبات، كالكوّلا، تحوي مُنكهات كيماوية طبيعية تزوّل نكهتها بالتفكك مع الزمن. لذا يُصار إلى الكيماويات الاصطناعية ذات المذاق الأحّد والأقلّ غُرصةً لتفكك لمحاكاة الكيماويات الطبيعية.

المُستحلبات

الدهن والماء لا مزوجين، فسرعان ما يفصل خليطهما. غير أنّ المُستحلبات، كالليستين (المُحّين) من صفار البيض، تبقى على تمازجها كما في اللبن الرائب والشوكولاتة والبوظة.

مُعالجة الأطعمة

٤٠٠٠ ق.م. استخدم التمليح والتدخين والتجفيف في حفظ الأطعمة.
٣٠٠٠ ق.م. استخدمت الخميرة في صنع المشروبات الكحولية بالتخمير.
٢٠٠ ق.م. استخدمت البكتيريا المخترّة في صنع اللبن الرائب بالتخمير.
١٨١٠ اكتشف نقولا فرنسوا أبير (١٧٥٢-١٨٤١) طريقة لحفظ الطعام في أوعية محكمة السد. ومن هذا الاكتشاف تطورت صناعة التعليب.
١٨٦٠-١٨٧٠ ابتكر لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥) طريقة لقتل الميكروبات الضارة في النبيذ والجمعة.
حوالي ١٩٢٠ طور كلارنس بيردزاي (١٨٦٦-١٩٥٦) طريقة لتجميد الطعام بسرعة.

الملونات

الخُصْبُ الطبيعي قد تتفكك تاركة الطعام باهتًا وغير مُشّه. لكن الملون الطبيعي، مثل كاروتين بيتا، المُصنّع من الجزر يحفظ لعصير البرتقال لونه البرتقالي.

التشعيع

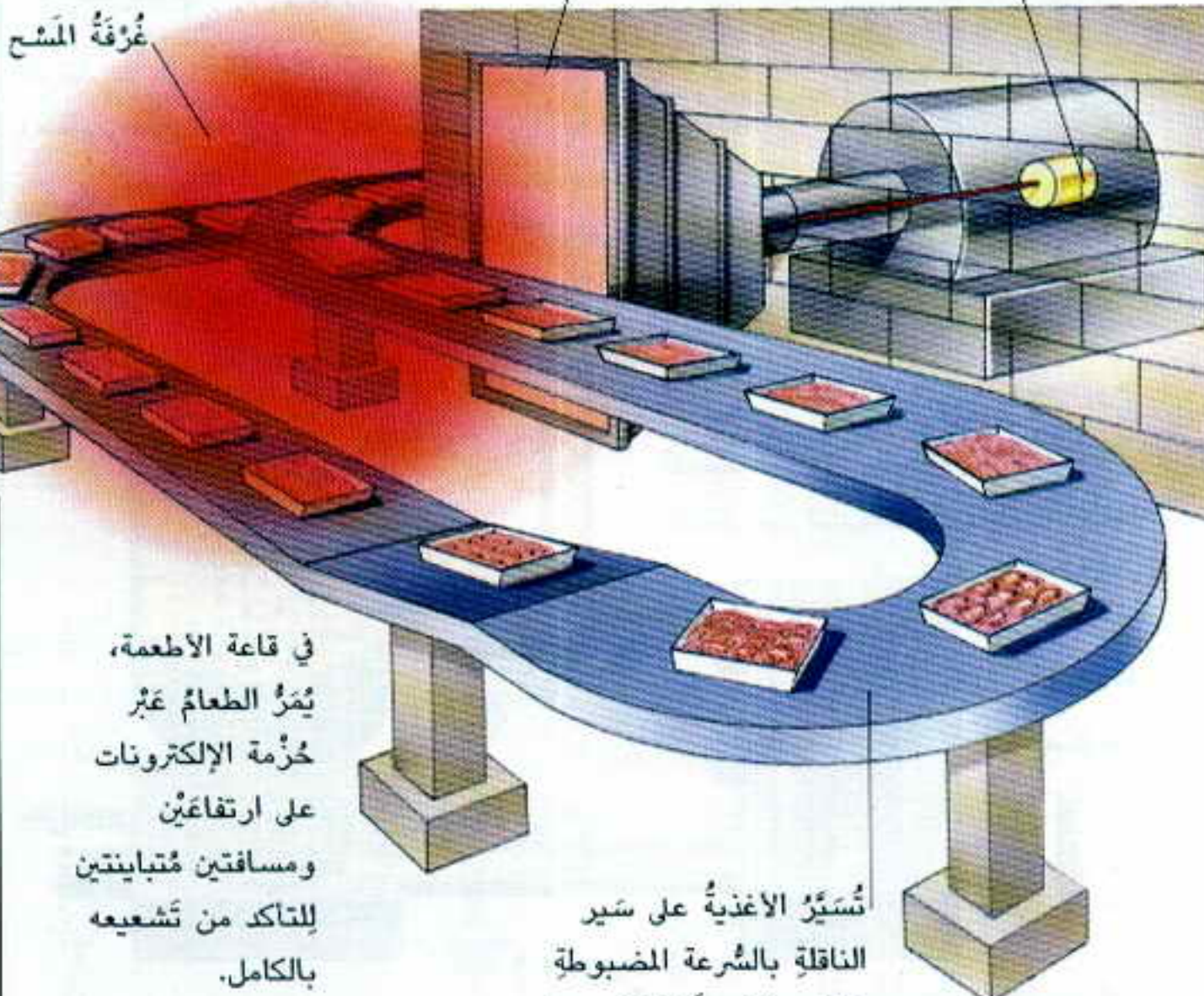
تستخدم هذه الطريقة الإشعاعات التي تخترق الأطعمة فتقتل ما فيها من متعضيات. لكن تشعيع الثمار والخضار يبطئ نضجها ويوقف نموها. كما إنّ التشعيع يُغيّر جزيئات الطعام ذاته، وقد يتلف الفيتامينات والمعدّيات الأخرى فيه. لذلك، وبسبب الخوف من ارتفاع مستوى النشاط الإشعاعي في الأغذية المُعالجة، يبقى تعريض الأغذية للإشعاع يقيّة مُثيرة للجدل والخلاف.

الحواظ

الأملح والسكر تُسمّم الجراثيم والفطريات وتقتلها. لذا يُضاف نترات الصوديوم إلى التفاح، وسوربات البوتاسيوم إلى صالصة البندورة الحرة. فأمثال هذه الحواظ تصون الطعام طويلاً.

يُبقى بوق المشع حُرمة الإلكترونيات مركّزة في مساحة ضيقة من وحدة المعالجة.

ويُدفع إلكترونات تُطلق إلكترونات عالية الطاقة.



غُرقة المشع

في قاعة الأطعمة، يُمرّ الطعام عبر حُرمة الإلكترونيات على ارتفاعين ومسافتين مُتباينتين للتأكد من تشعيه بالكامل.

تُسَيَّر الأغذية على سير الناقل بالسرعة المضبوطة لتتلقى الجرعة المصّرّح بها من الإشعاع.

الميكروبات المُفيدة

يتحوّل عصير العنب في هذه الحواري إلى نبيذ بفعل ملايين خلايا الخميرة الدقيقة. وقد استخدمت هذه الخمائر منذ آلاف السنين في صنع المشروبات الكحولية والخبز. هذا الاستخدام طوّر اليوم لتصنيع موادّ نافعّة أخرى من موادّ لاثليديّة فيما يُسمّى بالتقانة البيولوجية. فبعض الميكروبات تستطيع تحويل الميثانول، المحصّر من الغاز الطبيعي، والتفّات، من صناعة الورق، إلى علفٍ لحيوانات المزارع.



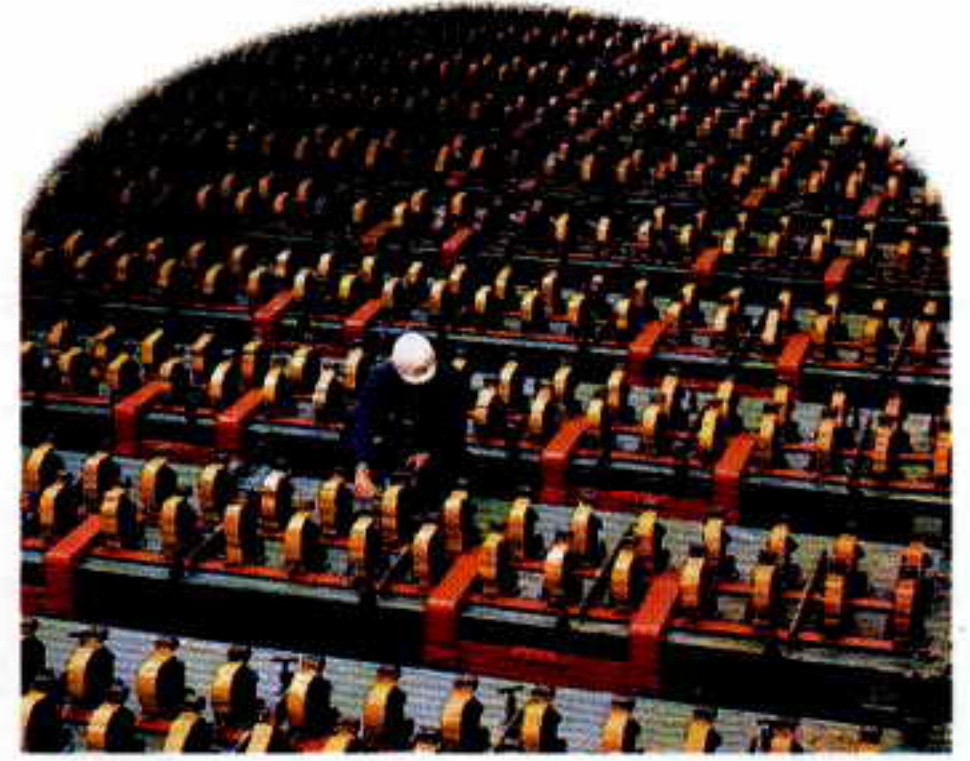
خلايا الخميرة الدقيقة

لمزيد من المعلومات انظر

النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦
الأكسدة والاختزال ص ٦٤
كيمياء الأغذية ص ٧٨
الاختبار ص ٨٠
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

صِنَاعَةُ الْقُلُوبِ

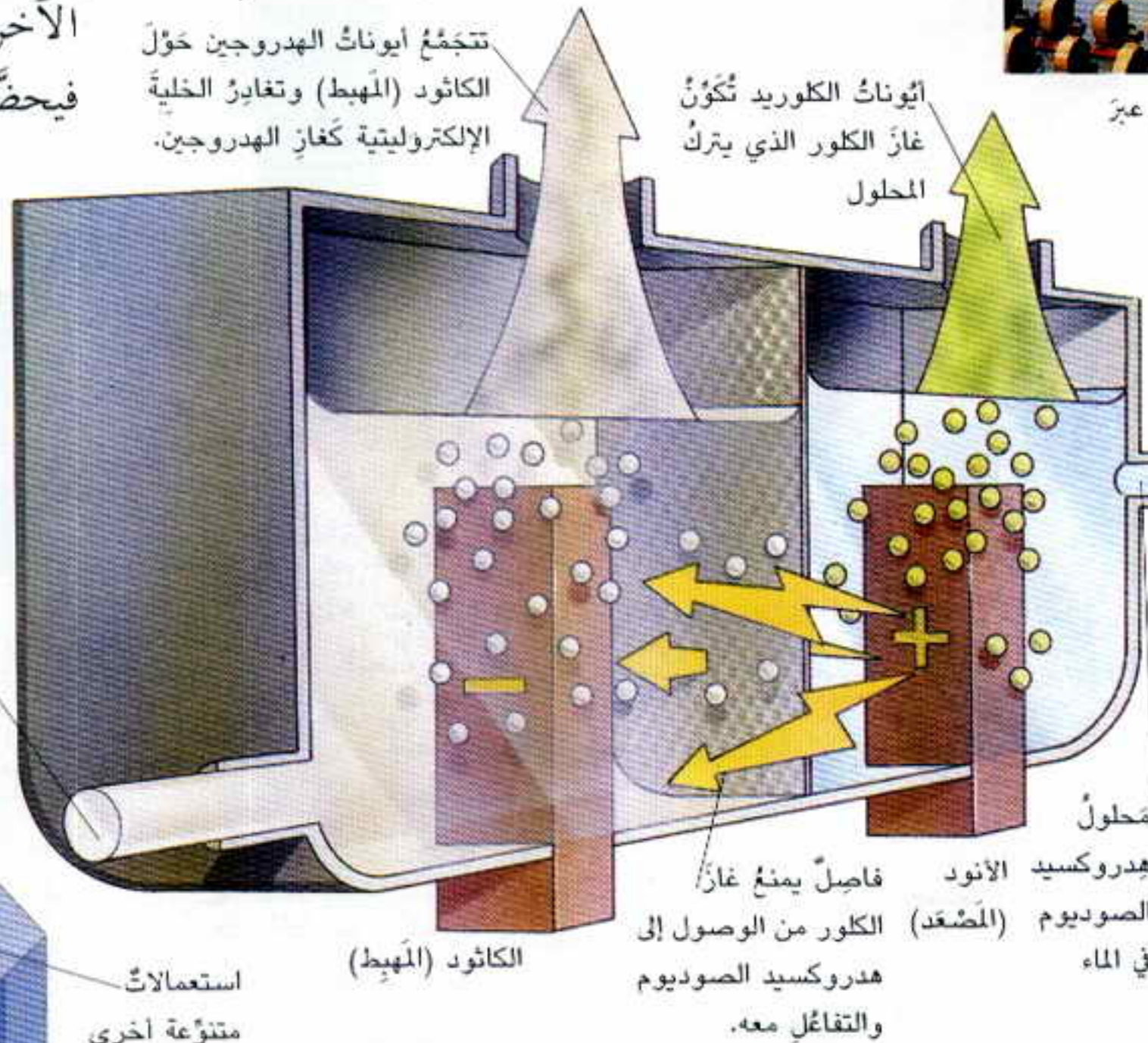
القُلُويَّاتُ الْمُحَضَّرَةُ من مِلْحِ الطَّعَامِ (كلوريد الصوديوم) أساسيةٌ في صُنْعِ الصابون. والقُلُويَّانِ الأَهمُّ اللذان يُحَضَّرانِ من هذا الملح هما هيدروكسيد الصوديوم وكربونات الصوديوم. والواقعُ أنَّ هذين القُلُويَّينِ هما الأَهمُّ بين ما تَتَجَّهُ صناعَةُ القُلُويَّاتِ إِذْ يُسْتَخْدَمانِ في صُنْعِ مُتَّجَاتٍ عديدة. ويبلغُ ما تَتَجَّهُ المعاملُ الكيماوية في مختلفِ أَقطارِ العالَمِ، من كُلِّ منهما، حوالى ٣٥ مليون طن سنوياً. يُحَضَّرُ هيدروكسيد الصوديوم بإمرار تيارٍ كهربائيٍّ عَبرَ مَحلولٍ مِلحيٍّ. وَتُتَجَّجُ عمليةُ الكَهْرَلَة هذه في الوقتِ نَفْسِهِ غازَ الكلور. يعني أَنَّ مصنعَ هذا القلي هو مصنعٌ لِلْكلور أيضاً. أمَّا القليُّ المَهْمُّ



يُخَضَّرُ هيدروكسيد الصوديوم بإمرار الكهرباء عبر السائل المالح في هذه الخلايا الإلكترونية.

هیدروکسید الصوديوم

يتألف محلول الملح في الماء من أربعة أنواع من الأيونات هي: أيونات الصوديوم والكلوريد والهيدروجين والهيدروكسيد. وفي أثناء الكهرلة تنجذب الأيونات السالبة (أي الكلوريد والهيدروكسيد) نحو الأنود، والأيونات الموجبة (أي الصوديوم والهيدروجين) نحو الكاثود. وعندما يتفصل الصوديوم عن الكلوريد، يتفاعل مع الماء فيؤكسد هيدروكسيد الصوديوم.



يمكن زيادة تركيز
هيدروكسيد الصوديوم
بتبخير بعض الماء من
المحلول.

الكاثود (المهبط)

استعمالات كربونات
الصوديوم

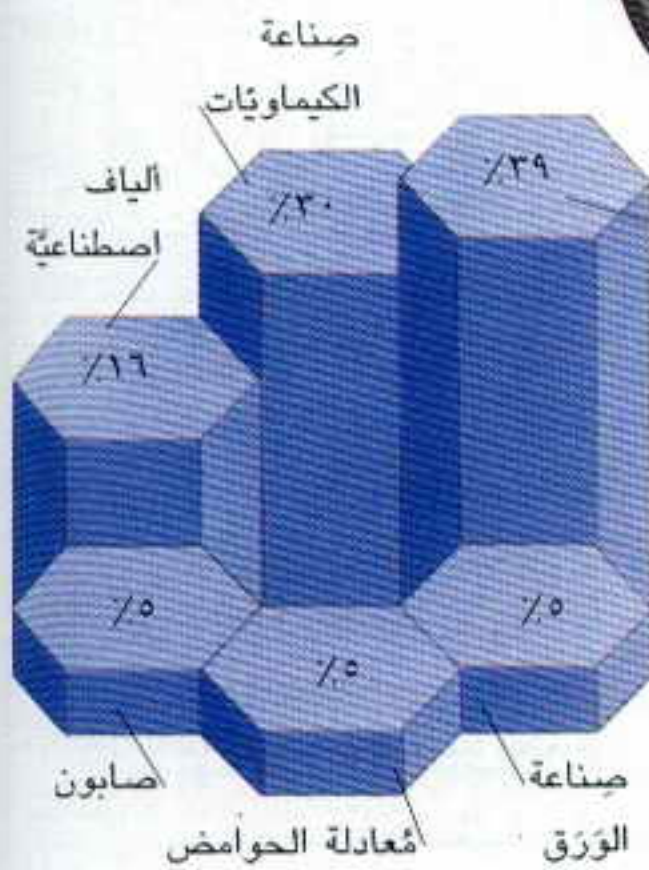
لَعَلَّكَ شَاهَدْتَ هَذَا الْقَلْبِي بِشَكْلِ
بِلُورَاتِ صُودَا الْغَسِيلِ ؛ لَكِنَّهُ
يُسْتَعْمَلُ أَيْضًا فِي تَصْنِيعِ مُتَنَجَّاتٍ
عَدِيدَةٍ شَتَّى - مِنْ الْخَزَفِيَّاتِ
وَالْأَقْمَشَةِ إِلَى الصُّوَرِ الْفُتُوغَرَفِيَّةِ
وَالْمَصْنُوعَاتِ الْجِلْدِيَّةِ .

كربونات
الصوديوم

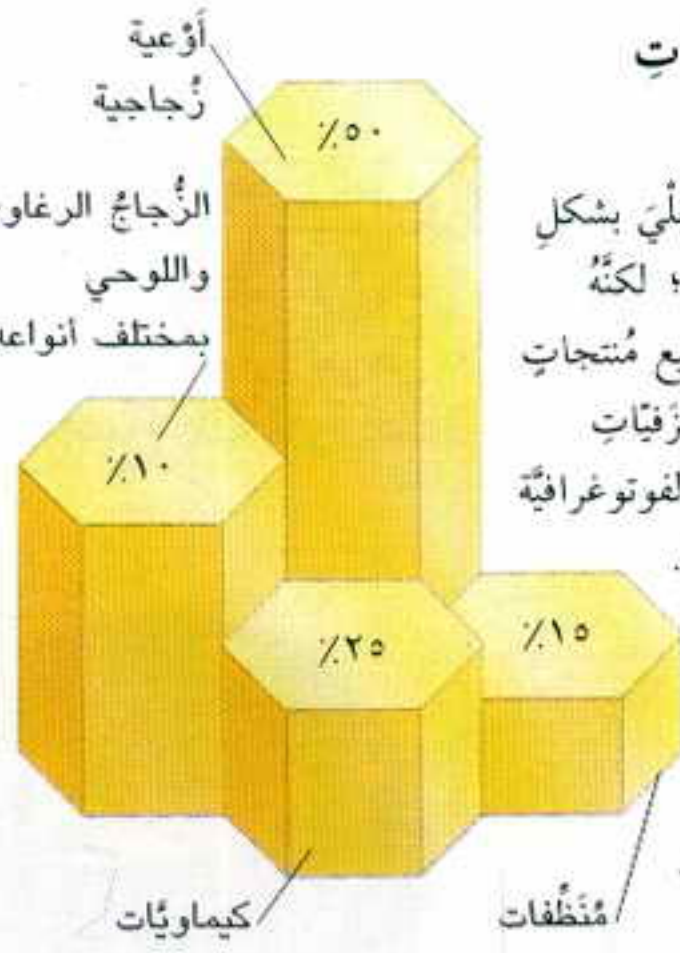
لِبُلُورَاتٍ لِّطَرْدِ
الْمَاءِ مِنْهَا.

خاماتُ الترونا

خامات البحيرات الجافة والأحواض
النظرونية الطبيعية، في مناطق مختة
من العالم، تتألف من كربونات
وبيكربونات الصوديوم. وهي مص
مهم لكربونات الصوديوم إذ يمكن
استخلاصها منها نقيّة بسهولة دون
اللجوء إلى طريقة صولفي.



استعمالات هيدروكسيد الصوديوم
المعروف عن القلويات أنها تُعادلُ
الحوامض. لكن لهيدروكسيد الصوديوم في
الصناعة استعمالات عديدة أخرى تشملُ
تصنيع موادّ التقصير والأدوية والأصباغ
والمُستحجات النُظيفة، كما يُستعملُ أيضًا في
مُعالجة الأغذية والفِلْزات والمُطاط.



كربوناتُ الصوديوم

يَمْتَصُّ المَحْلُولُ المِلْحِيَّ ثَانِي أكْسِيدَ الكَرْبُونِ لِيُكَوِّنَ
كَرْبونات الصُّودِيُومِ. وَفِي طَرِيقَةِ صُؤْلَفِي، يُذَابُ ثَانِي
أكْسِيدَ الكَرْبُونِ فِي المَحْلُولِ المِلْحِيِّ وَالْأَمُونِيَا؛
فَيَتَكَوَّنُ فِي المَحْلُولِ بَلُّورَاتٌ مِنْ بَيَكَرْبونات الصُّودِيُومِ
وَهَيْدْرُوكْسِيدِ الْأَمُونِيُومِ. ثُمَّ تَحْمَى البَلُّورَاتُ النَّاتِجَةُ
لِلْحَصُولِ عَلَى كَرْبونات الصُّودِيُومِ.



لمزيد من المعلومات انظر

الترباط الكيماوي ص ٢٨
الفلزات القلوية ص ٣٤
الهالوجينات ص ٤٦
الكهرولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
الفلويات والقواعد ص ٧٠
حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

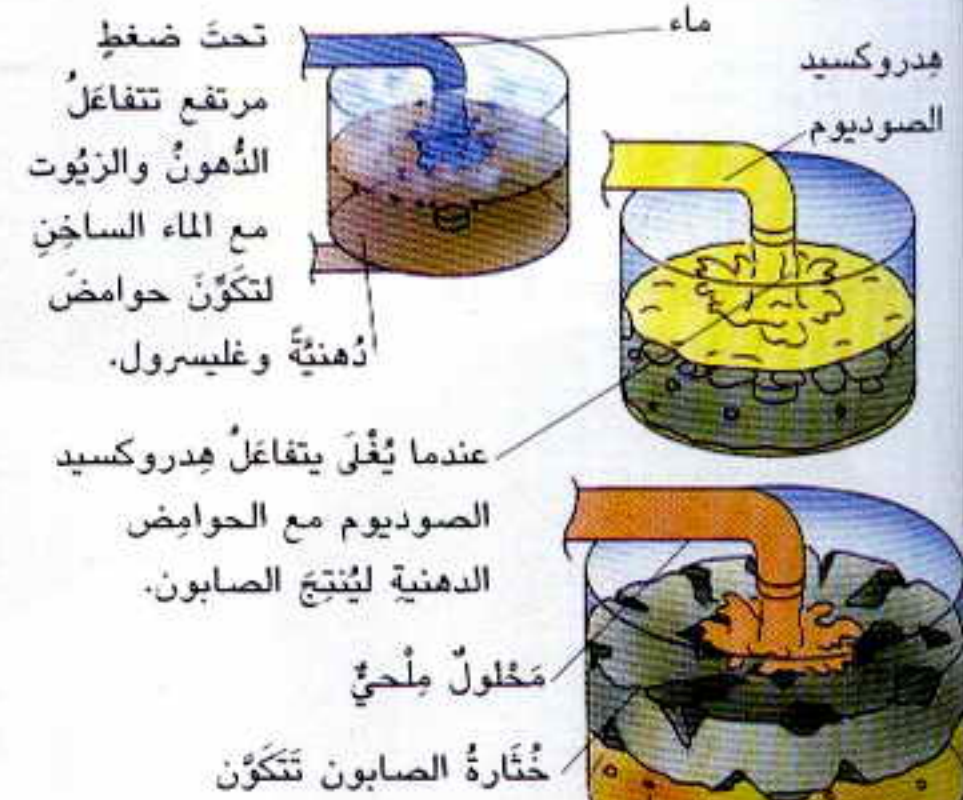
الصابون والمنظفات

الصابون مُنظف أساسي لا غنى عنه لتحقيق مستوى نظافة مقبول. فالماء وحده، رغم استطاعته إذابة الكثير من الأوساخ، عاجز عن إذابة الشحوم والدهون؛ لكن حين يُفكّكها الصابون فإن الماء يشطفها بسهولة. يُحضّر الصابون بتفاعل هيدروكسيد الصوديوم مع الدهون أو الزيوت الحيوانية والنباتية. بعض أنواع الماء عسير لا يرغب فيه الصابون لاحتوائه مركبات كيميائية تتفاعل مع الصابون لتكوّن أملاحاً غشائية غير ذوابة. المنظفات الاصطناعية تحاكي فعل الصابون، أكان الماء يسيّراً أو عسيراً، دونما زبد أو غشاء؛ وهي تحضّر بمفاعلة كيمائيات من النفط الخام مع حامض الكبريتيك.



منظفات مختلفة

تعمل المنظفات المختلفة بأساليب شتى. فالصابون يُعطي الجلد بجزيئات مزيلّة للشحم. وفي الشامبو كيمائيات إضافية تُثبّت الرغوة على الشعر بينما تفكّك الشحم. أمّا منظف الأرضيات فيحوي كيمائيات مُعزّزة لإزالة الأوساخ الرملية أو الخشنة. وتحتوي سوائل الجلي كيمائيات أخرى لإزالة فتات الأطعمة الدهنية.



يذوب الغليسرول في المحلول الملحي. أمّا الصابون، غير الذوّاب في هذا المحلول، فيرتفع إلى سطح الغلاية كخثارة. المحلول الملحي مع الغليسرول يُنقل إلى قوارير أخرى.

صنع الصابون

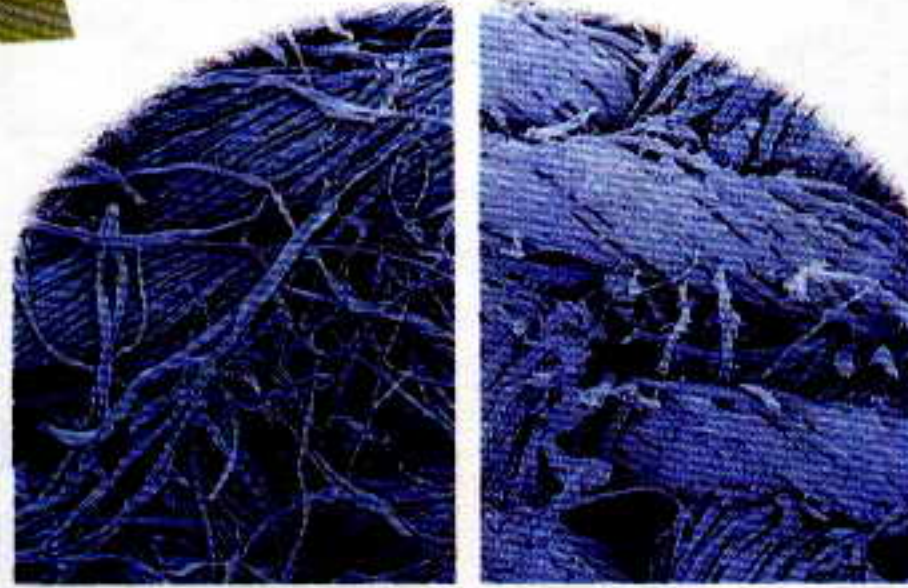
لصنع الصابون، تُحمى الدهون أو الزيوت حتى تتفكّك إلى حوامض دهنية وغلّيسرول. ثم تُفاعل الحوامض الدهنية فتنتج الصابون والغلّيسرول. ويُزال الغلّيسرول من الصابون بإذابته في مخلول ملحي. وقبل تشكيل الصابون إلى كتل أو قشارات أو مسحوق، تُضاف إليه كيمائيات مختلفة لقتل الجراثيم وإزالة عسر الماء وإضفاء اللون والرائحة المطلوبين. إنّ صنع قطعة من الصابون من موادها الأولية لا يستغرق أكثر من ١٥ دقيقة.

تُجذب جزيئات الماء رؤوس جزيئات المنظف أليفة الماء. وبذلك ترتفع جزيئات الشحم والمنظف في الماء ويشهّل شطفها.



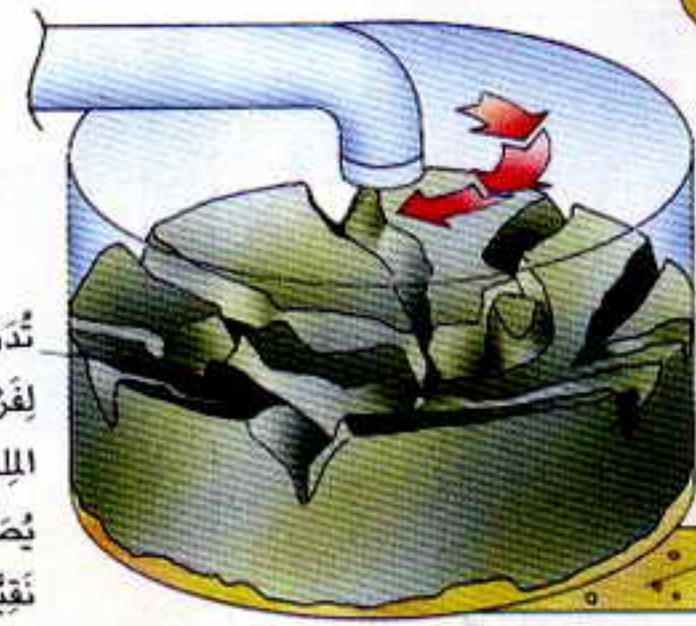
عملية التنظيف

عندما تمسح الأرضية بجهد، يشارك الصابون أو المنظف بجهد مماثل. إذ إنّ لجزيئات الصابون والمنظف رؤوساً أليفة للماء وأذيالاً أليفة للشحم. وعند مزج الصابون أو المنظف بالماء، فإن الرؤوس أليفة الماء تذوب فيه، فيما تلتصق الأذيال أليفة الشحم بالشحم وتزيله عن السطح.



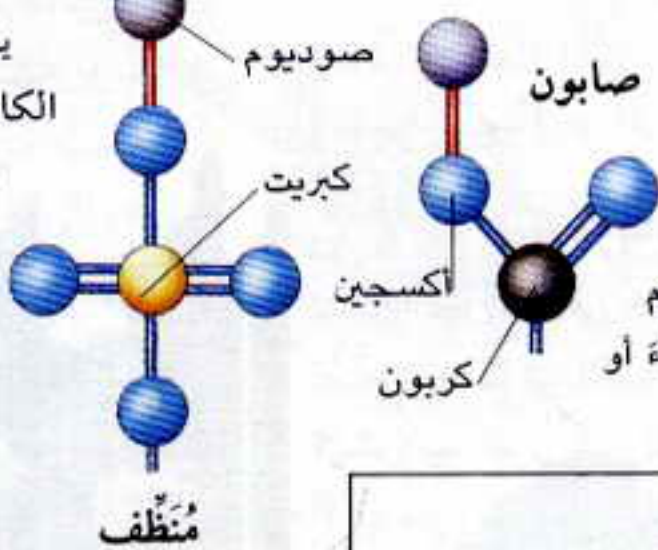
تنظيف الأقمشة

ألياف القميص القطنية (إلى اليسار) مُغطاة بالشحم. عند غسل القميص تهاجم جزيئات الصابون والمنظف الشحم الملتصق بتلك الألياف وتزيله (إلى اليمين).



رؤوس الجزيئات

يحتوي الماء العسر ذرات من الكالسيوم أو المغنسيوم. وهذه الذرات تحل محل ذرات الصوديوم في رؤوس جزيئات الصابون أليفة الماء فتكوّن غشاءً مُزبداً.



يحل الكبريت محلّ الكربون في رؤوس جزيئات المنظف أليفة الماء؛ فلا يعود الكالسيوم والمغنسيوم يكوّنان الغشاء أو الزبد.

مقومات مساحيق الغسيل

تحتوي معظم مساحيق الغسيل أنزيمات بمقدورها تفكيك الجزيئات في بقع العرق والدّم. كما تحتوي مُصنّعات صباغية تُكسب الملابس زهواً وإشراقاً - إضافة إلى كيمائيات تزيل عسر الماء أو تعزّز إزالة الأوساخ وتمنع عودة ترسبها على الملابس المنظفة، أو تحفظ الحموضة ثابتة لمختلف التفاعلات الكيمائية.



لزيد من المعلومات انظر

- الفسفور ص ٤٣
- المركبات والمزيجات ص ٥٨
- المحاليل ص ٦٠
- القلويات والقواعد ص ٧٠
- كيمياء الماء ص ٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

مُنْتَجَاتُ الْفَحْمِ

عندما نُحرقُ الْفَحْمَ نُطَلِّقُ طاقَةً وَكِيماوِيَّاتٍ احْتَبَسَتْ مِنْذُ ٢٥٠ مليون سنة، حينَ أَخَذَتْ أَعْدَادُ ضَخْمَةٌ مِنَ النَباتاتِ المَيِّتَةِ تَنْحَلُّ ببطءٍ إِلَى فَحْمٍ. يُزَوِّدنا الْفَحْمُ بِالطاقةِ اللازمةِ لتدويرِ المُولِّداتِ الكَهْرَبائيَّةِ في الكثيرِ من محطاتِ القُدْرَةِ. كما إِنَّ إحماءَ الْفَحْمِ بِمَعزِلٍ عن الهواءِ، يُحوِّلُهُ إِلَى فَحْمِ الكُوكِ، الذي هو وقودُ أفرانِ السَّفْعِ المُستخدَمةِ لاستِخراجِ الفِلِزَّاتِ، كالْحديدِ، من خاماتها. وقد يُعالَجُ الكُوكُ لإطلاقِ كِيماوِيَّاتٍ أُخرى - كالأُمونيا والقارِ وغازِ الْفَحْمِ (غازِ الاستِصباحِ). وهذه الكِيماوِيَّاتُ يَمَكِنُ تحويلُها إِلَى كِيماوِيَّاتٍ جَدِيدَةٍ لِتَصْنِيعِ الكثيرِ من المُنْتَجاتِ المِخْتَلِفَةِ كالأَصْباغِ والدَّهاناتِ والأدويةِ. والواقِعُ أَنَّ هُنالِكَ أَكْثَرَ مِنْ ٢٠٠٠ مادَّةٍ كِيماوِيَّةٍ يَمَكِنُ صُنْعُها مِنَ الْفَحْمِ.



قَبْدُ التَّفَحُّمِ

في غابرِ الأزمانِ اسْتُخْدِمَتِ نَباتاتُ المُسْتَنْقَعاتِ طاقَةً الشَّمْسِ وَكِيماوِيَّاتٍ بِنِياتِها لِبِناءِ واختِزانِ الطاقةِ الكِيماوِيَّةِ في خَلاياها. وعندما ماتت تلكِ النَباتاتُ تَحَوَّلَتْ بِقاياها إِلَى فَحْمٍ.

مِن فَحْمٍ إِلَى كُوكٍ

عندما يُحْمَى الْفَحْمُ في أفرانٍ بِمَعزِلٍ عن الهواءِ إِلَى دَرَجَةِ حرارةٍ تَتراوحُ بَينَ ٩٠٠° وَ ١٣٠٠° س، يَنبَعُثُ مِنْهُ مِزيجٌ مِنَ الغازاتِ والسَّوائِلِ - يُفْصَلُ تالِيًا إِلَى غازِ الْفَحْمِ، ومَحلولِ الأُمونيا المائِي، وقارِ الْفَحْمِ. أمَّا الجامِذُ المُتَبَقِي فَهُوَ الكُوكُ الذي يَحوي أَكْثَرَ مِنْ ٨٠ في المِئَةِ مِنَ الكَرَبونِ.



يَحوي غازُ الْفَحْمِ (أو غازُ الاستِصباحِ) الهِذروجينَ والمِيثانَ وأوَّلَ أكسيدِ الكَرَبونِ. وقد اسْتُخْدِمَ لِلإِنارةِ أَوَّلَ مَرَّةٍ عامَ ١٧٩٢. وفي القرنِ التاسعِ عَشَرَ، عَمَّ اسْتِخدامُ غازِ الْفَحْمِ لِلإِنارةِ والطَبِخِ في العَديدِ مِنَ المَدَنِ.

غازُ الْفَحْمِ (غازِ الاستِصباحِ)

قارِ الْفَحْمِ

كِيماوِيَّاتُ قارِ الْفَحْمِ

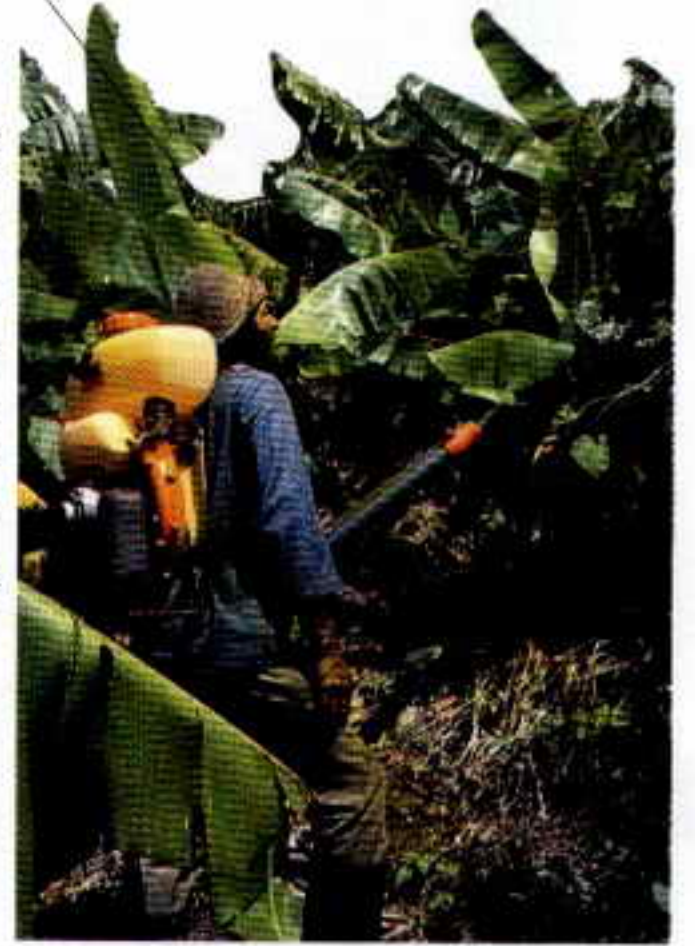
يَحوي قارِ الْفَحْمِ العَديدَ مِنَ الكِيماوِيَّاتِ المُفِيدَةِ، التي يَجري فَضْلُها بِالتَقطِيرِ إِذْ لِكُلِّ مِنْها دَرَجَةُ غَلِيانٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَمِنَ الكِيماوِيَّاتِ ذاتِ دَرَجاتِ الغَلِيانِ العالِيَةِ الرِّفْتُ والكُريوزوتُ، وَمِنَ ذاتِ دَرَجاتِ الغَلِيانِ الأَخْفَضِ البَنْزِينُ وَحامِضُ الكُربوليكِ.

تُرَشُّ الأشجارُ المُثمرةُ بِمُبيداتٍ تُصنَعُ مِنَ قارِ الْفَحْمِ.

جُزَيئاتُ مُفِيدَةٍ كِيماوِيًّا

تُشكِّلُ الجُزَيئاتُ في قارِ الْفَحْمِ المادَّةَ الأَوَّلِيَّةَ لِصُنْعِ المِئاتِ مِنَ الكِيماوِيَّاتِ الجَدِيدَةِ. فإِضافةً كِيماوِيَّاتٍ أُخرى إِلَى تلكِ الجُزَيئاتِ يُمَكِنُ صُنْعُ آلافِ مِنَ المَرَكِّباتِ المُفِيدَةِ. فَالكُريوزوتُ يُسْتخدَمُ دُونَما تَكَرِيرٍ كَمادَّةٍ حافِظَةٍ لِلخَشبِ، وَتَسْتخدَمُ جُزَيئاتُهُ المُخْتَلِفَةُ، مُفَصَّلَةً، مَادَّةً أَوَّلِيَّةً لِصِناعَةِ المِبيداتِ والأدويةِ.

حَبَّاتُ دِواءٍ مِنَ قارِ الْفَحْمِ



يُذابُ غازُ الأُمونيا في حامِضِ الكُبريتيكِ فيُنتِجُ مِنْ تَفاعُلِهما بِلُوراثِ كُبريتاتِ الأُمونِيومِ. وقد ظَلَّتْ هَذِهِ البِلُوراثُ المَصْدَرَ الرِّئيسِيَّ لِلأَسمَدَةِ الكِيماوِيَّةِ حَتَّى العامِ ١٩١٣.

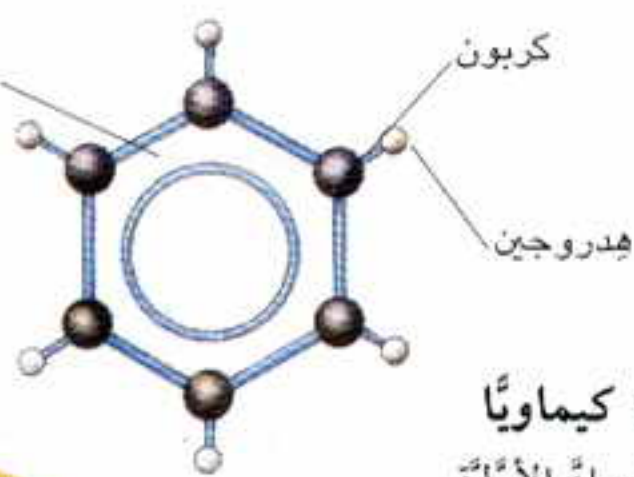
سائِلُ الأُمونيا

تَحضَّرُ أنواعٌ عَديدةٌ مِنَ الكُوكِ بِإِحماءِ أنواعٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الْفَحْمِ إِلى دَرَجاتِ حرارةٍ خَفِيفَةٍ أَوْ عَالِيَةٍ. وَتَسْتخدَمُ أنواعُ الكُوكِ هَذِهِ وَقَدًّا في الصِناعَةِ أَوْ لِلتَدفئةِ في المَنازِلِ.

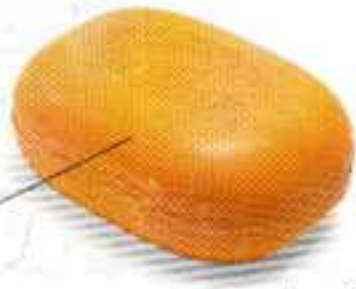
الكُوكُ

إِخراقُ الْفَحْمِ

البَنْزِينُ مُركَّبٌ خَلقيٌّ مِنَ ذُرَّاتِ الهِذروجينِ وَالكُربونِ.



صابونُ قارِ الْفَحْمِ



المُلَوَّناتُ والمِبيداتُ

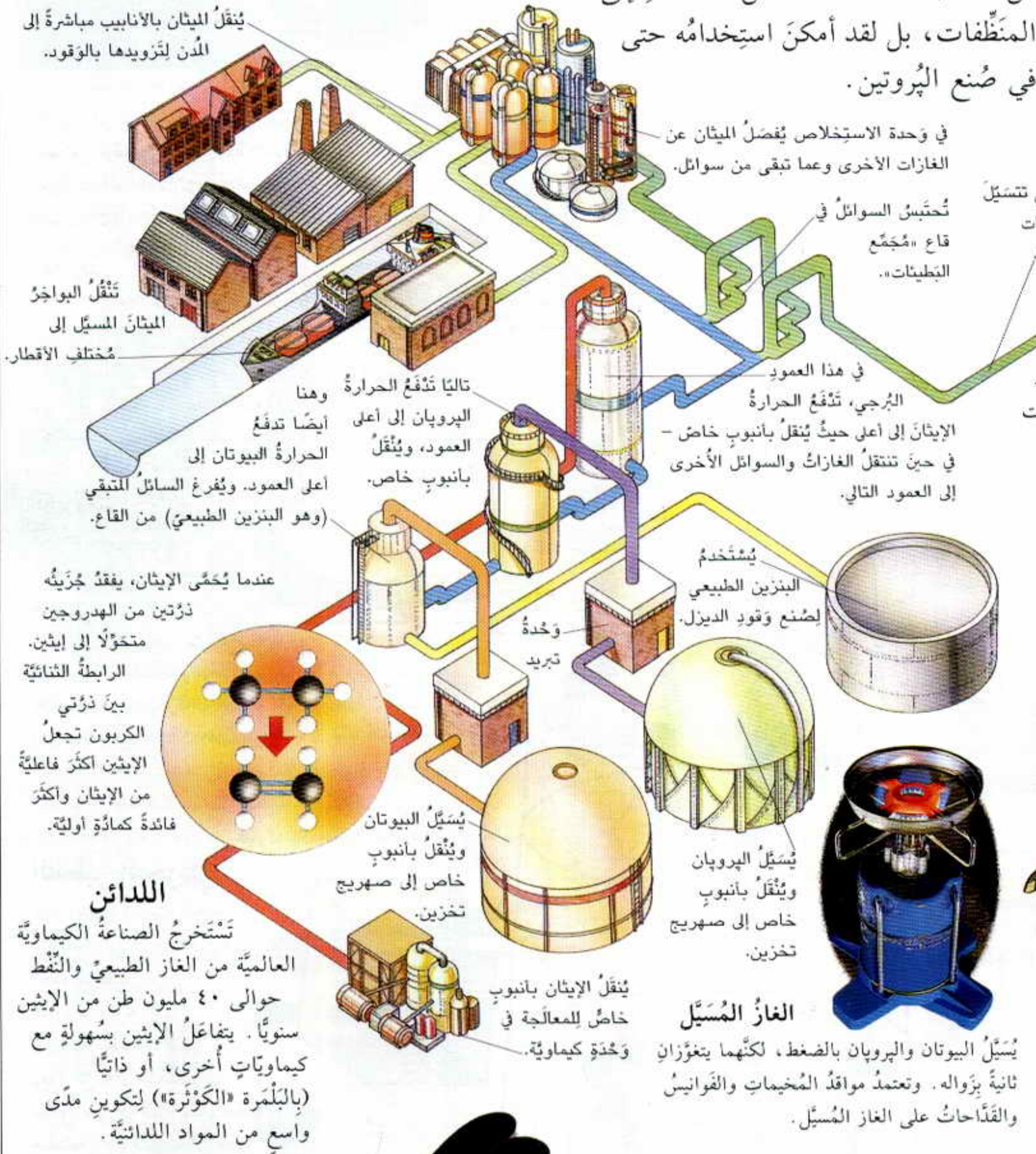
في الخَمِسينِياتِ مِنَ القرنِ التاسعِ عَشَرَ، صُنِعَ الكِيماوِيُّونُ الأصْباغُ الاصطناعِيَّةُ الأَوَّلِي مِنَ كِيماوِيَّاتِ قارِ الْفَحْمِ. فَكانتْ أَكْثَرَ زُهُواً مِنْ مَعْظَمِ الأصْباغِ الطَبِيعِيَّةِ وَأَشَدَّ مِنْها رَسوخًا في الأَقْمِشَةِ كما إِنَّها لا تَبْهَتُ بِالضَّوئِ. وَعندما اكْتَشِفَتِ الخِصائِصُ المُطَهِّرةُ لِحامِضِ الكُربوليكِ (أَحَدِ كِيماوِيَّاتِ قارِ الْفَحْمِ)، أَضِيفَ إِلَى الصابونِ لِقَتْلِ الجِراثِمِ.

لَمزيدٍ مِنَ المَعلوماتِ انظُرْ

- الكُربون ص ٤٠
- الأُمونيا ص ٩٠
- مُنْتَجاتُ الغازِ ص ٩٧
- مُنْتَجاتُ النُّقْطِ ص ٩٨
- الأَصْباغُ وَالخُصْبُ ص ١٠٢
- حَقائِقُ وَمَعلوماتُ ص ٤٠٦

مُنْتَجَاتُ الغاز

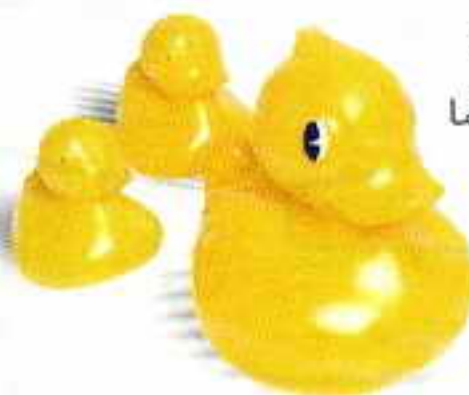
اللَّهَبُ المُشْتَعِلُ في مَوْقِدِ الغازِ هو الطَّوْرُ الأخير من مَراحِلِ حَيَاةِ المِثَانِ الطَّوِيلَةِ على مَدَى مِلايِينِ السِّنِينَ، مُنْذُ أَخَذَتْ بَقَايَا الحَيَوَانَاتِ وَالنَّبَاتَاتِ البَحْرِيَّةِ الدَّقِيقَةِ تَتَحَوَّلُ إِلَى غازٍ طَبِيعِيٍّ احْتَبَسَ فِي طَبَقَاتِ الأَرْضِ المَتَصَخَّرَةِ. وَيَتَأَلَّفُ الغازُ الطَّبِيعِيُّ فِي مُعْظَمِهِ مِنَ المِثَانِ إِضَافَةً إِلَى كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى أَيْضًا. وَفِي ثَلَاثِينَاتِ القَرْنِ العِشْرِينَ بَدَأَ اسْتِخْدَامُ الغازِ الطَّبِيعِيِّ المُزَالِ الشَّوَابِ كَوَقُودٍ عَلَى نِطاقٍ وَاسِعٍ. وَلَمْ يَمُضِ طَوِيلٌ وَقْتٍ حَتَّى اكْتَشَفَ الكِيمَاوِيُّونَ إِمْكَانِيَّةَ اسْتِخْدَامِ تِلْكَ الشَّوَابِ كَمَوَادٍّ أَوَّلِيَّةٍ فِي صِنَاعَاتٍ أُخْرَى؛ وَطَالَ ذَلِكَ المِثَانُ نَفْسَهُ فَعِدَا يُسْتَعْمَلُ كَمَادَّةً أَوَّلِيَّةً لِإِنْتاجِ المِثَانِ مِنَ المُنْتَجَاتِ المُخْتَلَفَةِ، مِنَ الأَسْمَدَةِ إِلَى المَنْظَفَاتِ، بَلْ لَقَدْ أَمَكْنَ اسْتِخْدَامُهُ حَتَّى فِي صُنْعِ البُرُوتِينِ.



الشَّوَابِ المُفِيدَةُ

الكِيمَاوِيَّاتُ المُزَالَةُ فِي تَنْقِيَةِ الغازِ الطَّبِيعِيِّ لَهَا اسْتِعْمَالَاتُهَا أَيْضًا. فَالْكَبْرِيتُ يُوقَرُ المَادَّةَ الأَوَّلِيَّةَ لِصُنْعِ حَامِضِ الكَبْرِيتِيكِ. وَيُسْتَعْمَلُ الهيدروجينُ فِي صُنْعِ الأَمُونِيَا. أَمَّا الهَلِيُومُ، فَالغازُ اللَّامْتَفَاعِلُ والفائقُ الخِفَّةَ، فَيُسْتَعْمَلُ فِي تَعْيِينَةِ المَناطِيدِ والتَّحَكُّمِ فِي ضَغْطِ وَقُودِ الصَّوَارِيخِ.

الدُّمَى البَطِيشَةُ وَأَحْذِيَةُ التَّرْلُجِ اللَّدائِنِيَّةُ مَا هُمَا إِلَّا نَوْعَانِ فَقَطْ مِنَ المُنْتَجَاتِ اللَّدائِنِيَّةِ الكَثِيرَةِ المَصْنُوعَةِ مِنَ الإِثِينِ.



لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الكربون ص ٤٠
- سلوك الغازات ص ٥١
- فصل المزيجات ص ٦١
- مُنتَجَاتُ الفَحْمِ ص ٩٦
- مُنتَجَاتُ التَّنْفُطِ ص ٩٨
- التَّنْفُطُ وَالغاز ص ٢٣٩
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦

مُنْتَجَاتُ النَّفْطِ

لا يَقتَصِرُ استِعمالُ النَّفْطِ على توفير الطاقة لِتَدوير عجلات السيَّارات فقط، بل يَتَعَدَّه إلى تعبيد الطُّرُق التي تسيَّر عليها أيضًا. يتواجدُ النَّفْطُ «الرَّيْتُ الخام» طبيعيًا كسائلٍ أسود لزج حادِّ الرائحة في باطن الأرض أو تحت البحر. ويتألَّف في معظمه من الهيدروكربونات (وهي مُركَّباتٌ من ذرَّات الهيدروجين والكربون) مُترابطة في سلاسلٍ طويلةٍ تَكونت منذُ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة من انحلال بقايا الحيوانات والنباتات البحرية المُنْدثرة. وقد اكتشفَ الكيماويون في مطلع القرن العشرين أنَّ بإمكانهم فَصْلَ هيدروكربونات النَّفْطِ المختلفة

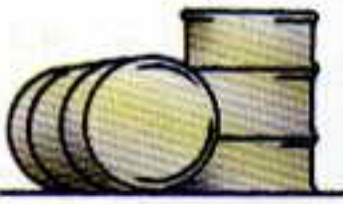
بالتسخين والتقطير التجزيئي. وهم يُصنِّعون اليومَ آلاف المُنتجات من الرِّيت الخام.



غازات المِصفَاة

على ٢٠° س تبقى أربعة هيدروكربونات فقط في الحالة الغازية هي: الميثان والإيثان والبروبان والبيوتان. ويستخدم بعض الميثان والبروبان وقودًا لإحماء النَّفْطِ في عملية التَجزئة، لكنَّ معظمه يُستخدم في صنِّع الكيماويات. ويُعبأ البروبان والبيوتان في القوارير وقودًا لمواقف وقناديل الغاز النقال.

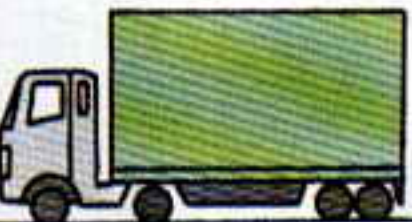
النَّفْثَا



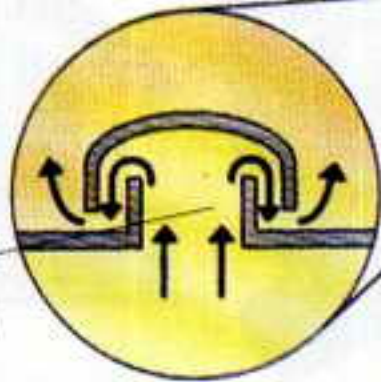
يتكثَّف هذا السائل الأصفر على درجات الحرارة بين ٧٠° و ١٦٠° س. ويتراوح محتوَى جُزيئه من ٨ إلى ١٢ ذرَّة من الكربون، مما يُيسِّر استخدامه في صنِّع وقود للسيَّارات والدائن وكيماويات مختلفة من أدوية ومبيدات وأسمدة. كما يُستخدم كمذيب لمعالجة المطاط واستخراج الزيت من البُزور.

رَيْتُ الغاز (السُّولار أو المازوت)

يتكثَّف رَيْتُ الغاز في مَدَى حراري يتراوح بين ٢٥٠° إلى ٣٥٠° س، ويحتوي جُزيئه من ١٤ إلى ٢٠ ذرَّة كربون. ويستخدم رَيْتُ الغاز في صنِّع وقود الديزل وزيت التدفئة المركزية. كما يُليِّن به الأسفلت لِيسهل قَرشُه.



ترتفع الغازات في العمود غيَّر أكواب الفقاع. فإذا كانت درجة الحرارة خفيفة بالقدر الكافي يتكثَّف الغاز على الكوب وينساب سائلًا.



يُعبَّد الأسفلت سطوح الكثير من الطُّرقات في العالم.

مُخَلَّفَاتُ التَّقْطِيرِ

كُلُّ الهيدروكربونات التي يحوي الجُزيء منها أكثر

من ٢٠ ذرَّة كربون تتكثَّف حالما تدخل إلى العمود. ويتم فَصْلُ مزيج الهيدروكربونات الثقيلة بالإحماء للحصول على رَيْت التزليق والفازلين والشَّمع والقار.

الهيدروكربونات الثقيلة، أو الطويلة السلسلة، سوداء اللون، شمعية، غليظة القوام.



الهيدروكربونات الخفيفة، أو القصيرة السلسلة، باهتة اللون نسبيًا ورقيقة القوام.



الرَّيْتُ الخام

يحوي النَّفْطُ مزيجًا من الهيدروكربونات، المتباينة عدد ذرَّات الكربون في سلاسلها. وتغيَّر نِسَبُ هذه الهيدروكربونات في النَّفْطِ من موقع إلى آخر. فنَّفْطُ الشرق الأوسط يحوي الكثير من الجُزيئات الطويلة، التي تجعله غليظ القوام. أمَّا نَّفْطُ بحر الشمال فالجُزيئات الطويلة فيه أقل، وهو أرق قوامًا.

الغازولين

بين ٢٠° و ٧٠° س يتقطَّر سائل رقيق القوام يدعى الغازولين أو البنزين. ويتراوح عدد ذرَّات الكربون في هيدروكربونات الغازولين بين خمس وعشر ذرَّات. ويستخدم الغازولين غالبًا كوقود للسيَّارات، لكنَّه يشكِّل أيضًا مادة أولية لصنِّع اللدائن والمُنظفات.



الكيروسين

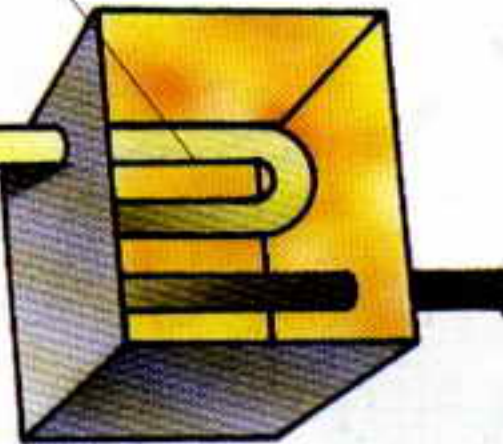
يتكثَّف الكيروسين أو الكاز كسائل زيتي خفيف على درجات الحرارة بين ١٦٠° و ٢٥٠° س. ويتراوح محتوَى جُزيئه من ١٠ إلى ١٦ ذرَّة كربون. ويستخدم الكيروسين في صنِّع وقود طائرات للاحترق في المحركات النفاثة. كما يُستخدم للتدفئة والإضاءة وفي مذيبات الدهانات.



يُحمى الزيت الخام في قُرْنٍ إلى حوالي ٤٠٠° س قبل مُروره كغازاتٍ إلى عمود التقطير التجزيئي.

التقطير التجزيئي

عند إحماء الزيت الخام (النَّفْط) إلى درجة حرارة مُعيَّنة تتحوَّل هيدروكربوناته إلى غازاتٍ مختلفة. ثمَّ يعود كُلُّ غازٍ فيتكثَّف إلى سائل على درجة حرارة مُحدَّدة مختلفة. وهكذا يمكن فَصْلُ الزيت إلى أجزائه المُختلفة بالتقطير التجزيئي. يُلْقَمُ الزيت الخام حارًّا على مقربة من قاعدة العمود، فتتكثَّف الهيدروكربونات الأثقل على الفور وتهبط إلى المستوى السفلي. أمَّا الهيدروكربونات الأخرى، فترتفع بحالتها الغازية عبر العمود حتى تبرد بما فيه الكفاية لِتتكثَّف سائلًا (على درجات حرارة أقل قليلًا من درجة غليانها). ثمَّ تُنْقَلُ هذه الهيدروكربونات بالأنابيب للمعالجة اللاحقة.

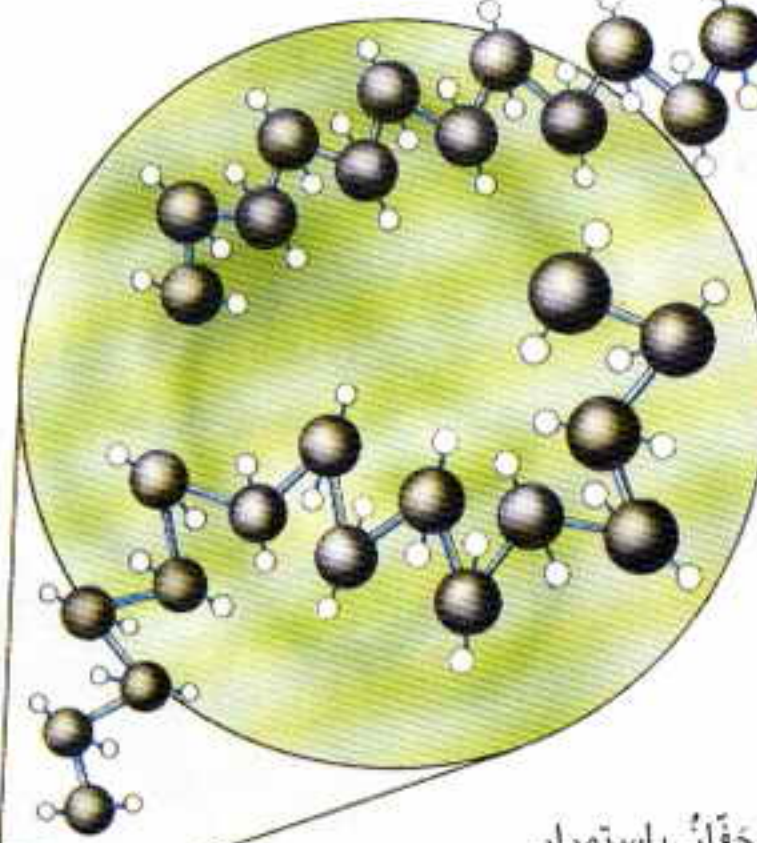


تفكيك الجزيئات

إن فصل هيدروكربونات النفط بالتقطير التجزيئي يعطينا أكثر مما يمكن استخدامه من الجزيئات الطويلة السلسلة، وأقل مما هو مطلوب من الجزيئات الأصغر كالفنتا والغازولين. أما التكسير المحفز فيشقق الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة أكثر نفعاً. في عملية التكسير يُحمى الزيت الثقيل تحت الضغط في حجرة تكسير خاصة؛ فتتكك بعض الروابط بين ذرات الكربون تاركة مزيجاً من الهيدروكربونات ذات السلسلة الأقصر. وتسرع عملية التكسير باستخدام حفاز كيميائي، كما يمكن إجراء التكسير على درجة حرارة أخفض.

يُدخل هيدروكربون سبث عشري ذرات الكربون إلى جهاز التكسير المحفز لتشقيقه إلى مزيج من الهيدروكربونات الخفيفة. وبعد التكسير يُمرر المزيج عبر عمود تجزئة لفصل أجزائه.

يتم التكسير صناعياً على نطاق واسع في وحدات تكسير ضخمة.



يُنظف الحفاز باستمرار ويُعاد تدويره.

يتمزج مسحوق الحفاز مع الهيدروكربون في بخار الماء.

يُسخن الحفاز بترسب القار والكوك عليه خلال عملية التكسير.

الهيتان شباعي ذرات الكربون يُستخدم في صناعة البنزين.

البروبين ثلاثي ذرات الكربون، يُستخدم في صناعة اللدائن.

اللدائن
إذا سُخِّن الإيثين تحت الضغط تترايط مجموعات تضم ٣٠,٠٠٠ أو أكثر من الجزيئات لتكوّن سلاسل طويلة من البوليثين. ومن المواد اللدائنية الأخرى التي تُصنع من الإيثين البوليثين، ويُحضّر بمرزج البنزين مع الإيثين. وأحد استعمالات البوليثين هو في صنع لعب الأطفال المأمونة. كذلك يُصنع كلوريد البوليفينيل من الإيثين والكلور.

يُضاف البروم بعد التكسير

يُضاف الماء بعد التكسير

إيثانول (كحول إيثيلي)

الإيثانول

إيثان ثنائي البروم

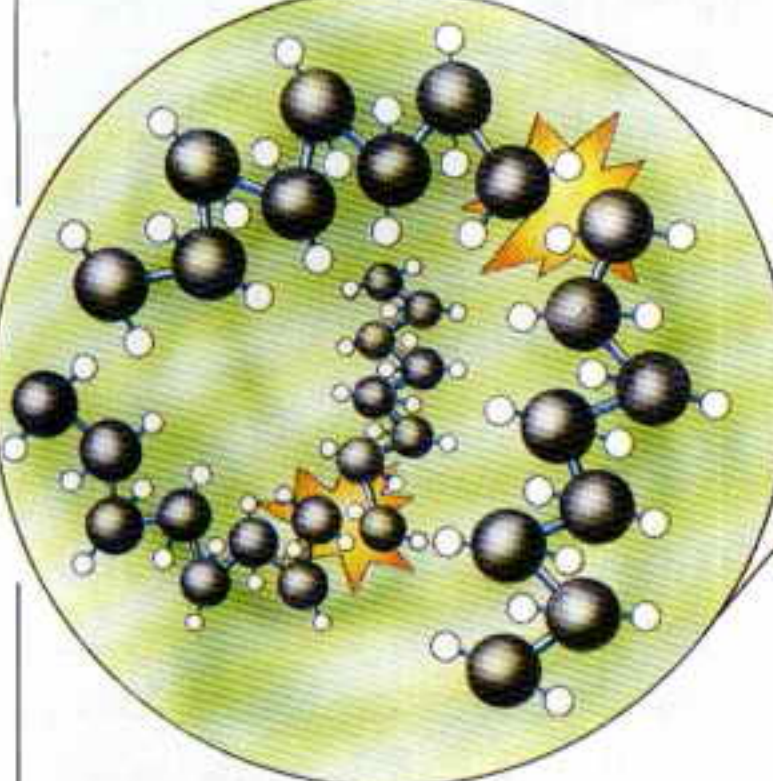
مُضاف بنزيني

إضافة البروم إلى الإيثين تُنتج الإيثان الثنائي البروم - ويستخدم هذا كمعزز للأوكتان في وقود المحركات. فهو يمنع اشتعال البنزين قبل الأوان الذي يُسبب «الخبط» ويُقلل من أداء المُحرك.

يُتحد الإيثين مع الماء لتحضير الإيثانول، أو الكحول الإيثيلي - المذيب المهم في تصنيع العديد من الدهانات ومُستحضرات التجميل والعطورات والصابون والأصباغ. وإذا أُضيف الأكسجين إلى الإيثانول يُنتج حامض الإيثانويك (أو حامض الخليك) الذي يُستخدم في صنع الألياف الاصطناعية.

داخل جهاز التكسير

تُمرر الهيدروكربونات المُحمأة بالبخار فوق مسحوق الحفاز الساخن المؤلف من جل السليكا والألومينا. فيوفر الحفاز سطحاً شاسعاً تتفكك عليه الهيدروكربونات الكبيرة إلى هيدروكربونات أصغر وأكثر نفعاً.



استعمالات الإيثين المتعددة

تُفصل المركبات بعد التكسير في عمود التجزئة. والإيثين، أحد تلك المركبات، شديد التفاعلية بحيث يستطيع الترابط مع كيمائيات كثيرة أخرى، وحتى مع جزيئات أخرى منه، مكوناً العديد جداً من السوائل والمواد المفيدة.

يتفاعل الإيثين مع الماء لإنتاج مذيب للدهانات والعطور.



لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- البُورات ص ٣٠
- الصُّخور والمعادن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

المكثورات (المبلمرات)

ما زالت كرات التيس
تُصنع من
السليولويد.



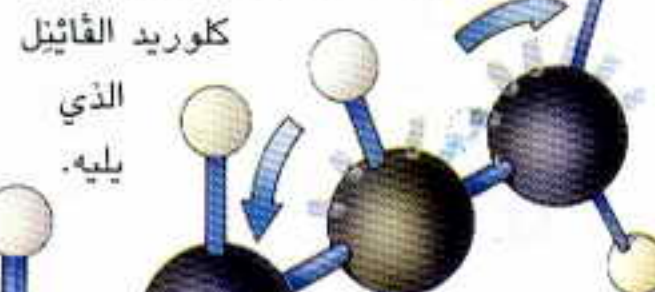
السليولويد

خَصَّرَ الكيميائي الأمريكي، جون هيات، السليولويد بتغيير بعض مقومات الباراكسين. واستُخدِم السليولويد في صنع إطارات النظارات والأفلام الفوتوغرافية، غير أن لدائن أخرى حلت محله اليوم.

كلوريد الفانيل شديداً
التفاعلية بسبب وجود
رابط ثنائي بين ذرتي
الكربون فيه. وهو
الموجود الذي يُصنع
منه كلوريد
الفانيل المتعدد.

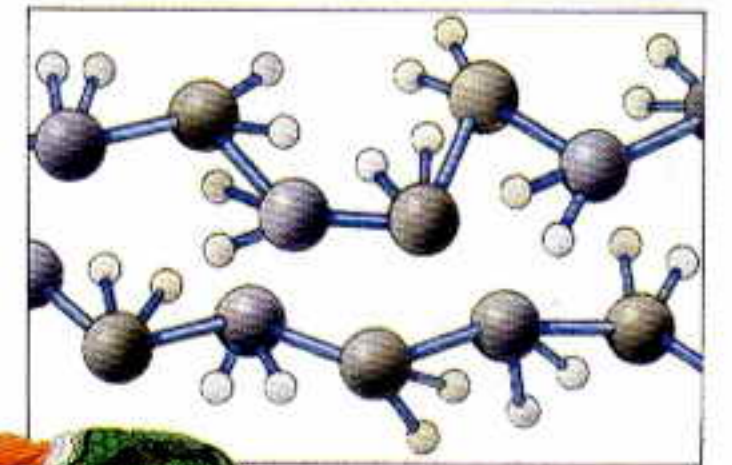


ينشط أحد الرابطين في الرابط الثنائي
إلى نصفين - واحد يتصل بالسلسلة،
والنصف الآخر بجزيء
كلوريد الفانيل
الذي
يليه.



البلمرة بالجمع

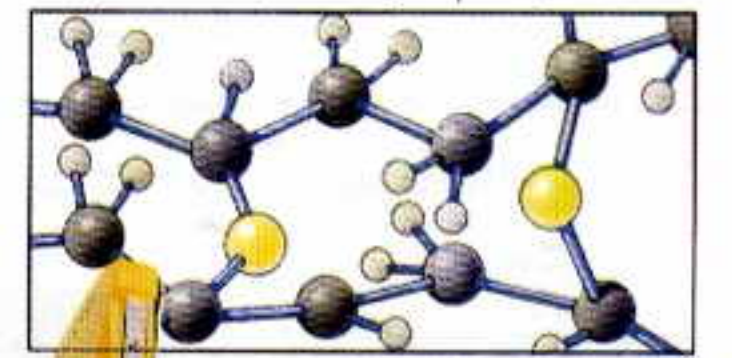
كلوريد الفانيل المتعدد هو المكثور الذي يُستعمل في صنع الأسطوانات الفونوغرافية. وهو يتألف، كما يستدل من اسمه، من موحودات كلوريد الفانيل المبلمرة (أو المكثورة) بطريقة البلمرة بالجمع، أي إن طرف جزيء منه ينشرج في طرف جزيء آخر. وإذا كانت ظروف التفاعل ملائمة فإن آلافاً من جزيئات كلوريد الفانيل تترابط بالطريقة نفسها لتكوّن جزيء كلوريد الفانيل المتعدد الضخم.



هذه الحية الدمية
القابلة للنفخ مصنوعة
من كلوريد الفانيل
المتعدد وهو من
الدائن الحرارية.

الدائن الحرارية (المنصهرة بالحرارة)

إن نسق ترتيب سلاسل المكثور يؤثر في سلوك وخواص المادة اللدائية التي تُصنع منه عند الإحماء. ففي الدائن الحرارية، تنظم السلاسل جنباً إلى جنب، دون روابط فيما بينها. فعندما تُحمى، تتزلق السلاسل بعضها فوق بعض وتنصهر المادة اللدائية. ثم تعود فتصلب عندما تبرد.

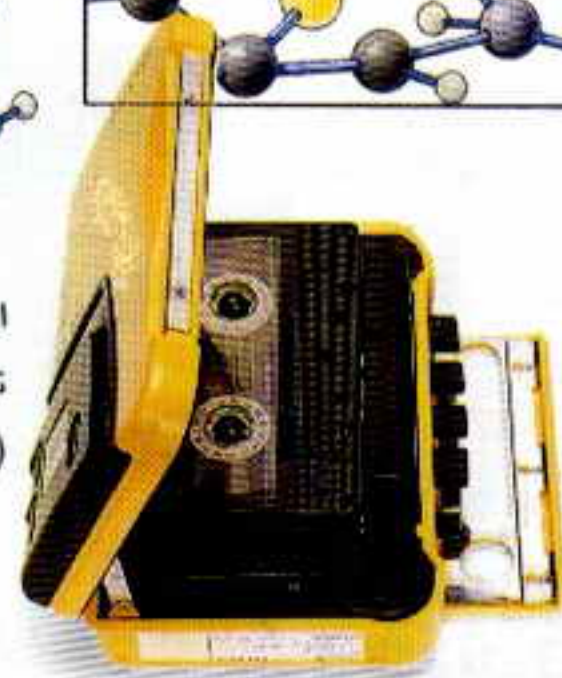


تغلّف

المقومات
الإلكترونية
الدقيقة لهذه
المسجلة
المجسامة في
صندوق من
لدينة صلبة -
ثابتة حرارياً.

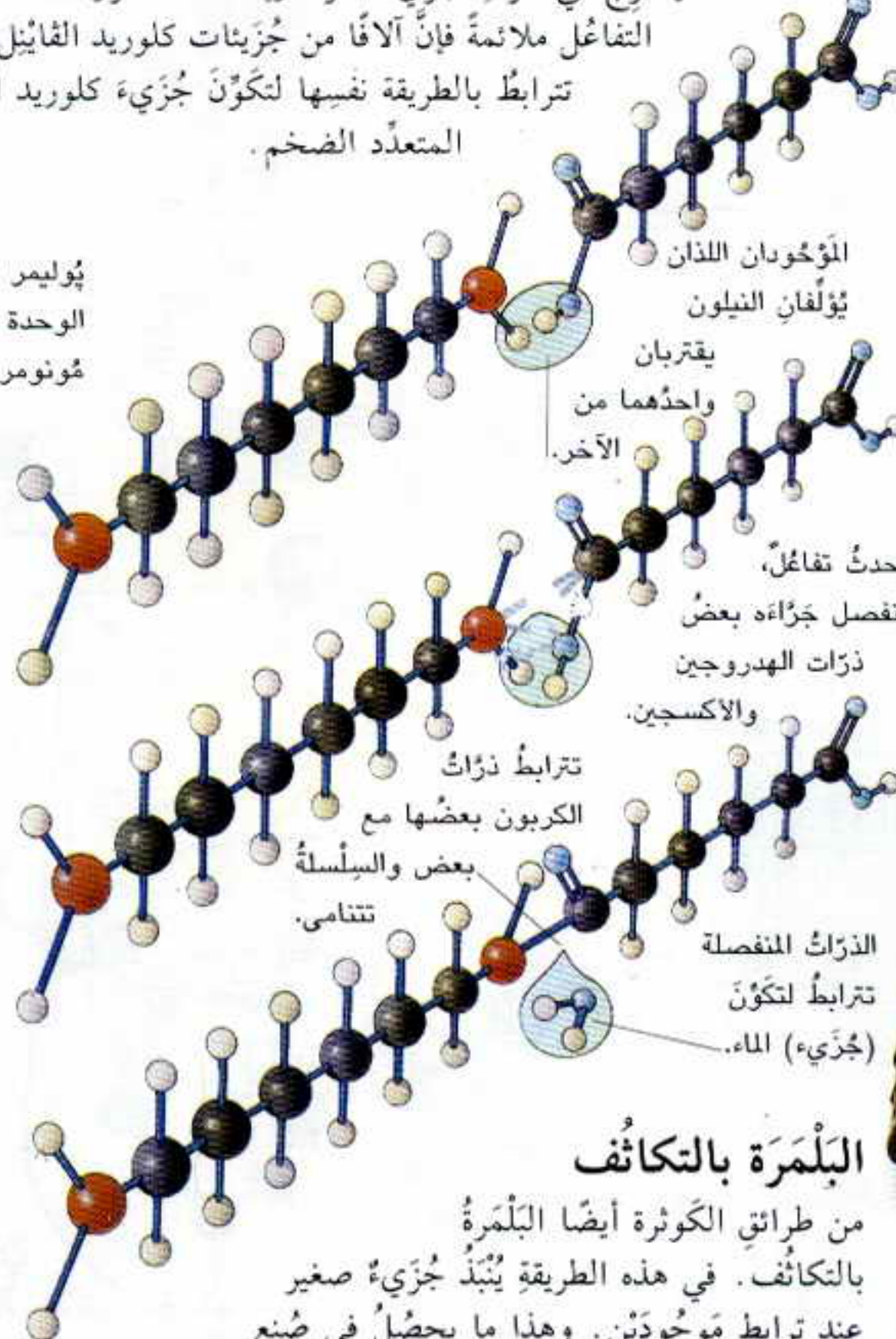
الدائن الصلدة - الثابتة حرارياً

المكثورات كالميلامين والسليكوون لدائن صلبة ثابتة حرارياً. فسلاسلها المبلمرة مترابطة بعضها مع بعض في تشابك مكين. وهي لدائن غير قابلة للانصهار لأن سلاسلها ثابتة لا تتحرك.



البلمرة بالتكاثف

من طرائق الكثرة أيضاً البلمرة بالتكاثف. في هذه الطريقة يُبند جزيء صغير عند ترابط موحودين. وهذا ما يحصل في صنع النيلون، فمع كل موحود ينضم إلى السلسلة، يُطلق جزيء من الماء.



يحدث تفاعل،
تفصل جزيءه بعض
ذرات الهيدروجين
والأكسجين.
تتربط ذرات
الكربون بعضها مع
بعض والسلسلة
تتنامى.

الذرات المنفصلة
تتربط لتكوّن
(جزيء) الماء.

پوليمر أو مكثور تعني المتعدد الأجزاء، والجزء أو الوحدة البنائية التي يتألف منها البوليمر تسمى مونومر أو موحود.

الحبيبات اللدائية

تُنتج معظم الدائن للتصنيع على شكل حبيبات أو كريات - فحبيبات الهوليسترين بيضاء وحبيبات الهوليثن شفافة. عند صهر هذه الحبيبات يُمكن تلويثها وتشكيلها أشياء حسب الطلب.

الباكليت

خلال إحدى تجاربه، وجد ليو باكليت (١٨٣٦-١٩٤٤) كتلة مَحْبَصَة لَزْجَة في قعر جهاز الاختبار. هذه الكتلة لانت بالتسخين أولاً ثم تصلدت وجمّدت. وقد حَسَنَ باكليت من خصائص تلك المادة فصنع منها لدينة مقاومة ومتينة، يُمكن قولبتها بأشكال مختلفة، أسماها باكليت.

واستُخدِمَ الباكليت لفترة طويلة في صنع آلات التصوير وأجهزة التلفون والمقابس الكهربائية.



استعمال المكثورات

المكثورات، بالشكل الحبيبي أو الكروي الذي تُحصَر به، لا تكاد تجد استخدامات عملية تُذكر كما هي. لكنّها بالإحماء تتداخ معاً لتكوّن مادة سهلة التشكيل متينة جداً وخفيفة جداً تصنع منها مختلف الأدوات المفيدة في شتى المجالات.



المطاط

المطاط مكثور طبيعي، وهو عصاره صمغية القوام تُستخرج من نباتات استوائية مختلفة. يكتسب المطاط مرونة لوجود ليّات ولقّات في جزيئاته. والمطاط الخام تعوزّه المتانة لعدم ترابط جزيئاته بعضها ببعض. ولإحداث هذه الروابط يُغلّك المطاط بالإحماء مع الكبريت؛ فيتحول إلى مطاط أقوى تحتمل الإطارات المصنوعة منه مختلف أنواع الصدم والمظل دون تمزق.

تُصنع أميال من الأنابيب بواسطة مكنة البثق.

التشكيل بالبثق

تُشكّل الأنابيب والصفائح اللدائنية بطريقة البثق. في هذا النموذج تُساق كريات اللدائنية بلولب دوّار إلى السخانات حيث تنصهر إلى سائل لزج غليظ القوام. ثم يُكبس هذا عبر قالب صوغ مُصمّم لشكّل أنبوباً (أو لوحاً صفائحياً) يمرّز تالياً في مُبرّد خاص حيث يتصلّب بسرعة.



القوالب

تُحوّل اللدائن إلى أشكال خاصة بالقوالب. ففي مكنة القوالب يدفّع المكبس الكريات اللدائنية إلى حيث تصهرها السخانات؛ ويضغط السائل اللدائني الحار إلى قالب التشكيل. ثم يبرّد الماء القالب فتصلّب اللدائنية.

تنتج مكنة القوالب قرابة ٩٠ من خوذات الدراجين في الساعة.



التشكيل الخوائي

تُصنع الأشكال اللدائنية المعقّدة من صفائح لدائنية بالتشكيل الخوائي. تُمدّ الصفيحة اللدائنية فوق قالب التشكيل فيلبيها السخان. وعندما تُسَفَطُ مَضْحَةُ التفرغ الهواء من القالب تندفع الصفيحة اللدائنية المتليّنة إلى داخل القالب بضغط الهواء فوقها. وبعد التبريد، تُشال اللدائنية المشكّلة من القالب.

إعادة تدوير اللدائن

يمكن إعادة تدوير بعض اللدائن كما هي الحال في تيريفنالات البوليثين المستعملة في صنع قوارير المياه، حيث تُجمّع باللات وتُنظف، ثم تُنقّط جُذائبات يمكن إعادة استخدامها. أمّا القوارير اللدائنية الدزوكّة (الحلولة حيويّاً) فتُصنع من مكثور الغلوكوز؛ وهي تنفكّ بفعل البكتيريا في مكبات النفايات، إلى ماء وثاني أكسيد الكربون.

ستيفاني كوك

حققت ستيفاني كوك، الكيمايئة الأمريكية، (من مواليد عام ١٩٢٣) عدّة اكتشافات في مجال المكثورات. فاكشفت مزيّاً لتصنيع ألياف الكفلار الخفيفة جداً والأمن من الفولاذ. وتُستخدم هذه الألياف في بناء السفن الفضائية وصنع الصداري التي لا يخترقها الرصاص.



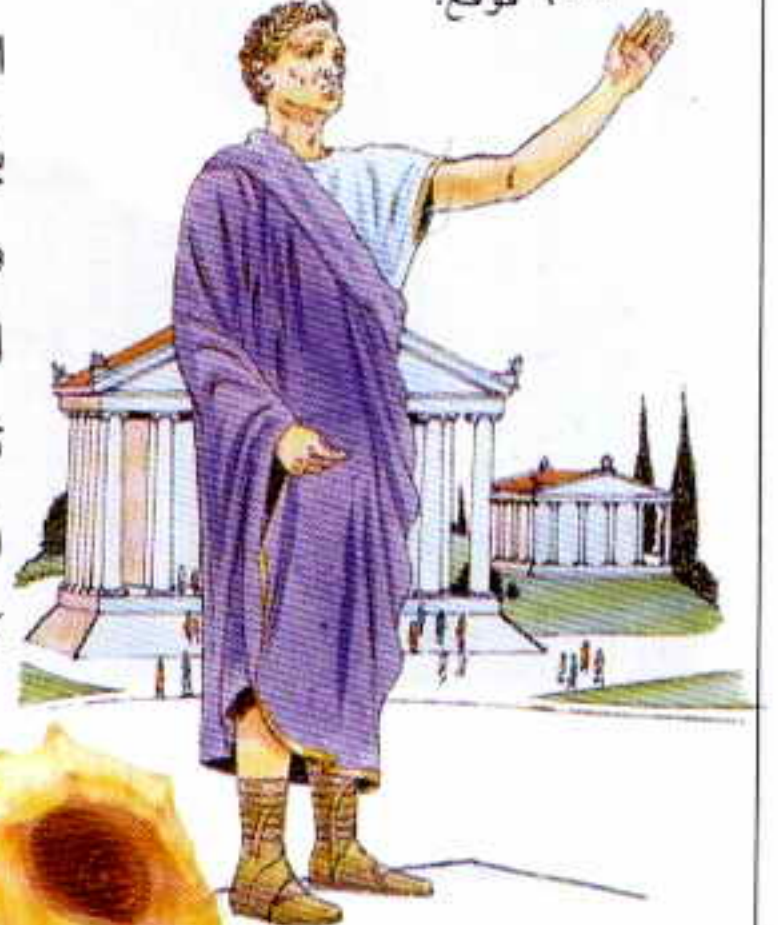
لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- التفاعلات الكيماوية ص ٥٢
- مُنتجات النفط ص ٩٨
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الأصباغ والخضب

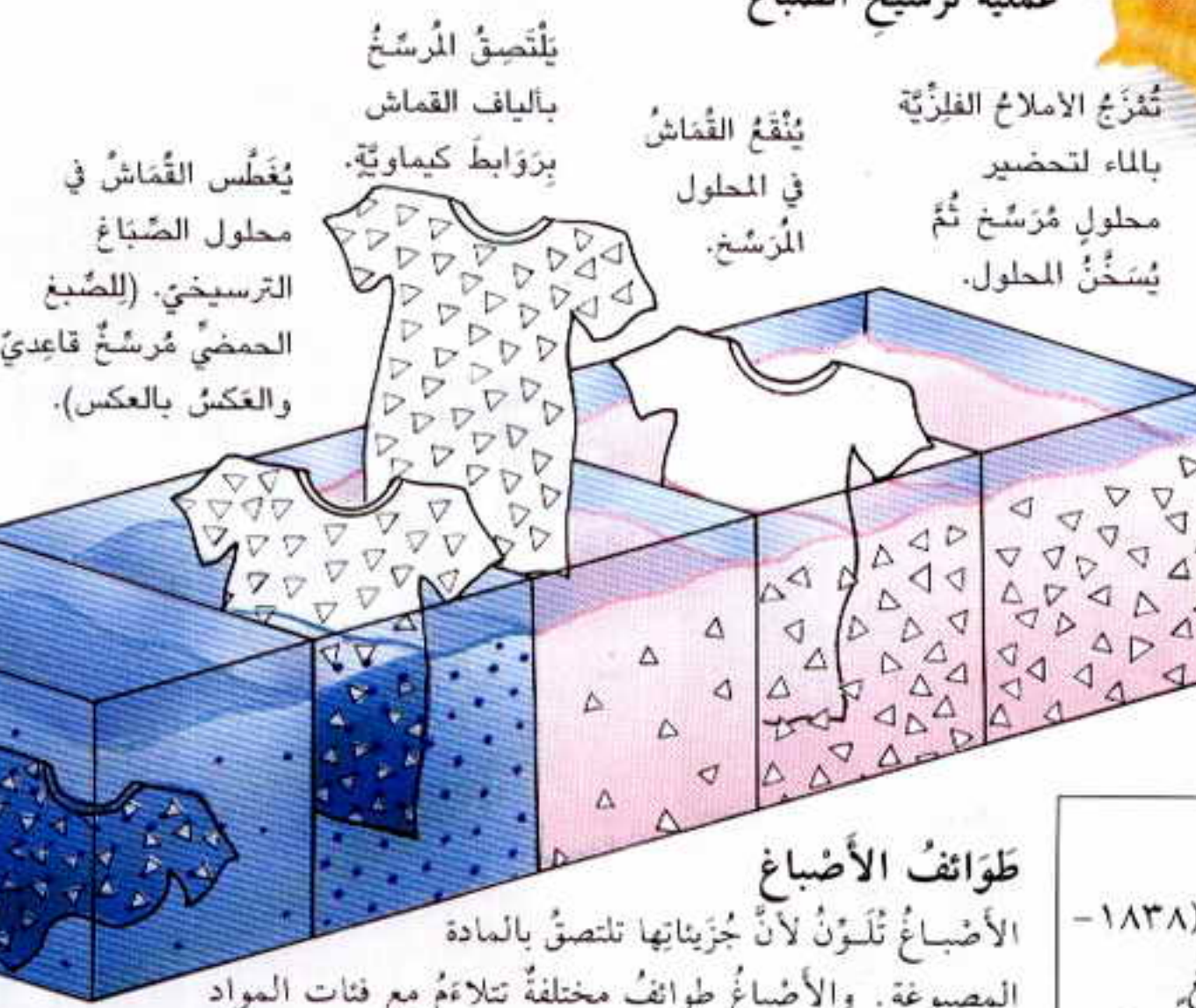
يتطلب صنع غرام واحد من الصبغ الأرجواني لشعلة إمبراطور روماني ٩٠٠٠ قوقع.

العالم من حولنا يزدهر بالألوان، فمعظم الأشياء قد تمّ تلوينها بالأصباغ أو طلاؤها بالخضب. تلوّن الأصباغ ألياف الملابس والورق والجلد وبعض الأطعمة. فهي بدوبانها في الماء تستطيع اختراق نَحَارِبِ الألياف وفُروجها حيث تترابط مع النسيج في تفاعل كيميائي. أمّا الخضب فهي جسيمات مُلوّنة غير ذوّابة في الماء. لذا فهي تغطي سطح المادة فقط دون أن تتفاعل معه كيميائيًا. وتُستخدم الخضب في صنع الدهانات وجبر الطباعة وتلوين اللدائن.



محارة قوقع
ميوركس

عملية ترسيخ الصبغ



الأصباغ الطبيعية والاصطناعية

هنالك الآلاف من الأصباغ المختلفة - الطبيعية منها نباتية تُستخرج من نباتات كالقوة والبليحاء وجنستا الصباغين، أو حيوانية تستخلص من المحاربات كقوقع ميوركس. أمّا الأصباغ الاصطناعية فتُصنع بكبريتة أو كلورة (إضافة الكبريت أو الكلور) إلى الكيماويات اللألونية المُستَظفَرَة من النفط أو قار الفحم.

وليم بيركن

اكتشف الكيماوي البريطاني، وليم بيركن (١٨٣٨-١٩٠٧)، صدفًا، أوّل صبغ اصطناعي في محاولاته تخليق الكينين. فقد استخلص مادة أرجواني الأنيلين من المزيج الذي كان يعمل عليه، ووجد أنها تصلح لصبغة الحرير؛ فسماها موف، وأسس مصنعًا لتحضيرها - فكان ذلك بداية لهذه الصناعة.



يُصدر الحبار (وهو حيوان من الرخويات كالأخطبوط) جبرًا ذا خضب طبيعي أسود ليختفي عند الخطر.

تتألف الخضب في هذا الجبر من كيماويات عضوية.

الخضب

يُنَجَّر الحبار

(الصبيدج) من الحيوانات

المفترسة ينشر غيمًا من الجبر الأسود

حواله. وقد استُخدم هذا الجبر في القرن

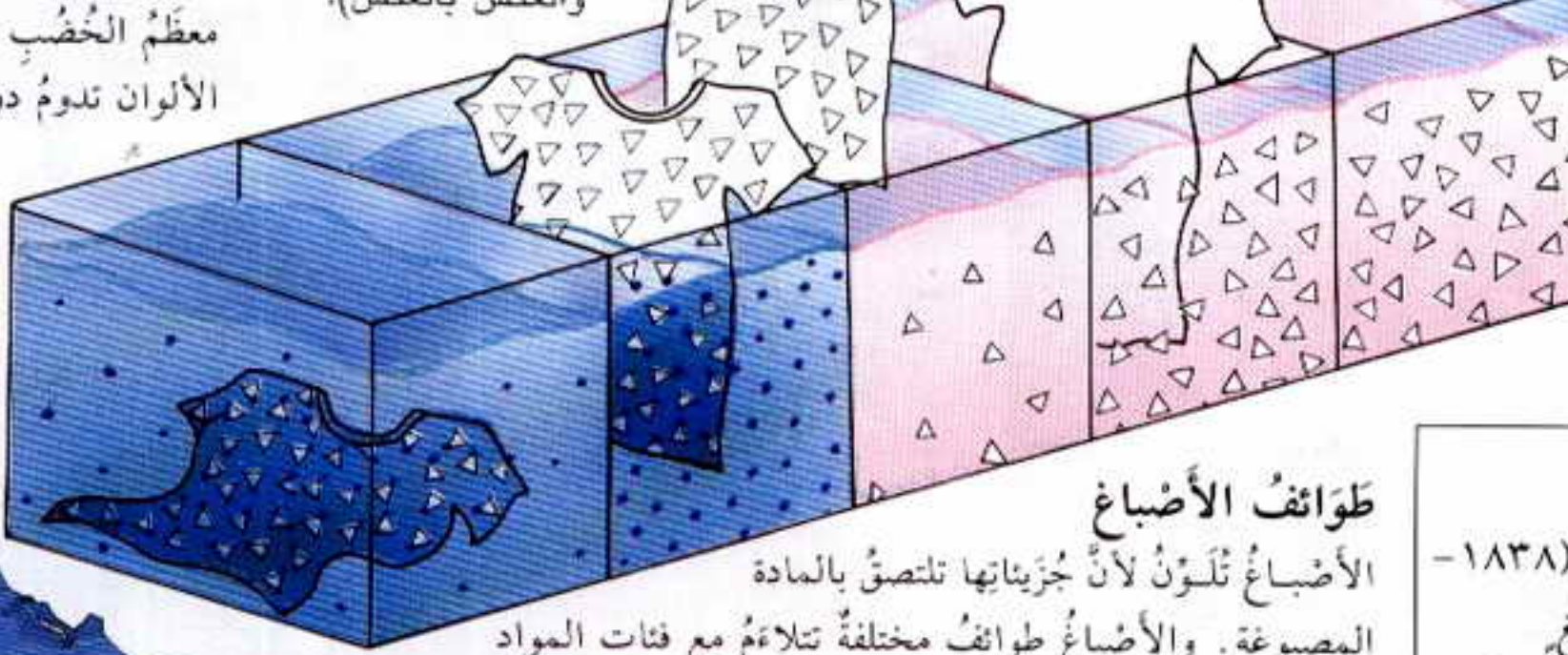
التاسع عشر ليُضفي على الصور

الفوتوغرافية سُمرة خفيفة. أمّا اليوم، فتُصنع

معظم الخضب من كيماويات عضوية زاهية

الألوان تدوم دون نُصولٍ طويلًا.

يتكوّن رابط كيميائي بين المرشع والصبغ يُرسخ الصبغ بالقماش.



طوائف الأصباغ

الأصباغ تلوّن لأن جزيئاتها تلتصق بالمادة المصبوغة. والأصباغ طوائف مختلفة تتلاءم مع فئات المواد المختلفة. فالأصباغ المباشرة تعطي أفضل النتائج في المنسوجات التي تُغسل من وقتٍ إلى آخر فقط كالستائر، بينما أصباغ الراقد مثالية للأقمشة التي تخضع للغسل المتكرر. أمّا الأصباغ الترسخية فلا تعمل مُستقلة، بل بمساعدة إضافة كيماوية (مركب فلزي) تثبت جزيئات الصبغ في القماش.

يترسّخ الصبغ فلا يحول لونه بغسل القماش.

الدهانات

كل دهان يحوي خضبًا مُلوّنًا ورباطًا راتنجيًا يثبت الخضب في مكانه، ومُذيبًا يُسهّل انسياب الدهان. بعض الدهانات مُذيبها الماء، بينما مُذيب الدهانات الصقيلة واللماعة هو الكحول الأبيض - ممّا يُكسبها رائحة قوية مُميّزة.



دهان مائي

دهان صقيل

دهان مُستحلب



٢ - يُفَرِّج الخضب برابط راتنجي أو غروي ليتنشر الجسيمات بالتساوي.

١ - جسيمات الخضب تُكسب الدهان لونه. يبلغ قطر الجسيم في هذا المسحوق جزءًا من مليون من السنتيمتر.

جفاف الدهان

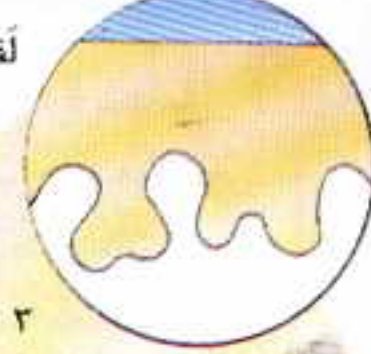
عندما يُترك السطح المطلي ليُجف، يتبخر مُذيب الدهان في الهواء، تاركًا جسيمات الرباط الراتنجي والخضب أكثر تقاربًا. فتتفاعل هذه مُكوّنة طبقة متينة صامدة لتقلبات الطقس. وغالبًا ما يحوي الدهان أيضًا خضبًا أبيض يُشتت الضوء نحو أعيننا، فنرى اللون أكثر وضوحًا.

لقطعة عن قُرْبٍ لسطح قديم الطلاء

٣ - يُستأب الدهان داخل تجاويف السطح الدقيقة ويُختبئ فيها.

٤ - جفاف الدهان يتبخر المذيب يُقرب كيماويات الدهان وخضبه بعضها من بعض.

٥ - يُثبت الرباط الراتنجي جسيمات الخضب في مكانها.



لمزيد من المعلومات انظر

- الترابط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المحاليل ص ٦٠
- مُنتجات الفحم ص ٩٦
- مُستحضرات التجميل ص ١٠٣
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ

استخدم المصريون القدماء مُسْتَحْضَرَاتِ تجميل من مساحيق المعادن لتغيير ملامحهم منذ العام ٥٠٠٠ ق.م. . واليوم تُسْتَحْدَمُ هذه المَزُوقَاتُ على نطاقٍ واسعٍ، وهي تُصَنَّعُ من مَزِيجَاتٍ من الكيماويات المُستخلصة في مُعْظَمِهَا من المُنتَجَاتِ النَّفْطِيَّةِ. وتُضْرَبُ هذه مع النباتات والزُّيُوتِ والشُّمُوعِ ومسحوقِ الطُّلقِ والطينِ ومُرَكَّبَاتِ فِلْزِيَّةٍ مُتَنَوِّعَةٍ. وقبل تسويق أيِّ مُسْتَحْضَرٍ جديد تُبذلُ جُهودٌ فائقةٌ وتُجرى تجاربٌ عديدةٌ لِضَمَانِ سلامة استخدامه. وتشتدُّ صرامة الضوابط في المَزُوقَاتِ التي تُماسُ الفم، كأحمرِ الشِّفاه. في الماضي كان يُجرى اختبارُ هذه الكيماويات على الحيوانات، أما اليوم، فلدى مُعْظَمِ الشركات المتخصصة مختبراتها المُتَطَوِّرة لاختبار هذه المُنتَجَاتِ.



مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ قَدِيمًا

المُتَأَنِّقَاتُ في مصر القديمة كُنَّ يَسْتَحْدِمُنَّ الكُحْلَ (وهو الغالينا أو كبريتيد الرصاص الطبيعي) لِتَسْوِيدِ شُعُورِهِنَّ وَحَوَاجِبِهِنَّ وَأَهْدَابِ أَجْفَانِهِنَّ، وَيَمَسْحُنَّ أَجْفَانَهُنَّ بِمَسْحُوقِ المَلَكِيَّةِ (وهو كُربوناتُ النُّحاس القاعدية) كَمُظْلِلٍ لِلْعَيْنَيْنِ.

ذُرُورٌ من خُضْبٍ بِيضَاءٍ، يُكْسِبُ الجِلْدَ مَلَاسَةً وَنُعُومَةً.

المُطْرِيَّاتُ القَشْدِيَّةُ تَنْبُثُ المَزُوقَاتِ الأُخْرَى على الجِلْدِ.

قَبْلَ المَكْيَاجِ (التَّزْوِيقِ) وَبَعْدَهُ

عُولِجَ نِصْفُ وَجْهِ هَذِهِ العَارِضَةِ بِالمَزُوقَاتِ لِتَبْيَانِ تَأْثِيرِهَا فِي تَغْيِيرِ مَظْهَرِ الوَجْهِ وإِطْلَاقِهِ. البَدَايَةُ كَانَتْ بِمُطَرِّ قَشْدِي كَأَسَاسٍ لِلْمَكْيَاجِ وَتَثْبِيتِ المَزُوقَاتِ. ثُمَّ اسْتُخْدِمَ مَزِيجٌ من الذُّرُورِ الزُّهْرِيِّ والأَصْفَرِ والأَبْيَضِ، لِيُعْطِيَ وَسُومَ الجِلْدِ من زُرْقَةٍ تَحْتَ الْعَيْنَيْنِ، أَوْ إِحْمَارٍ بِالأُوعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ القَرِيبَةِ من سَطْحِ الجِلْدِ.

تُظْلِلُ الحَاجِبَيْنِ وَتَخْطِيطُهُمَا يُبْرِزُ فِتْنَتَهُمَا بِشَكْلِ لَافِتٍ.

مُظْلِلُ الْعَيْنَيْنِ هَذَا يَحْوِي خُضْبًا قِيْرُوزِيَّةً تَغْطِي الجَفْنَ الأَعْلَى.

مُخَطَّطُ الأَجْفَانِ الأَسْوَدُ يَكْجِلُ الْعَيْنَيْنِ وَيَزِيدُهُمَا حُسْنًا وَإِشْرَاقًا.

خُضْبُ المَاسْكَارَا المُسَوَّدُ يُبْرِزُ أَهْدَابَ الْعَيْنَيْنِ.

تَحْوِي الخُفْرَةُ خُضْبًا بُنِيَّةً وَقَرْنَفَلِيَّةً تَلَوِّنُ الخُدَيْنِ.

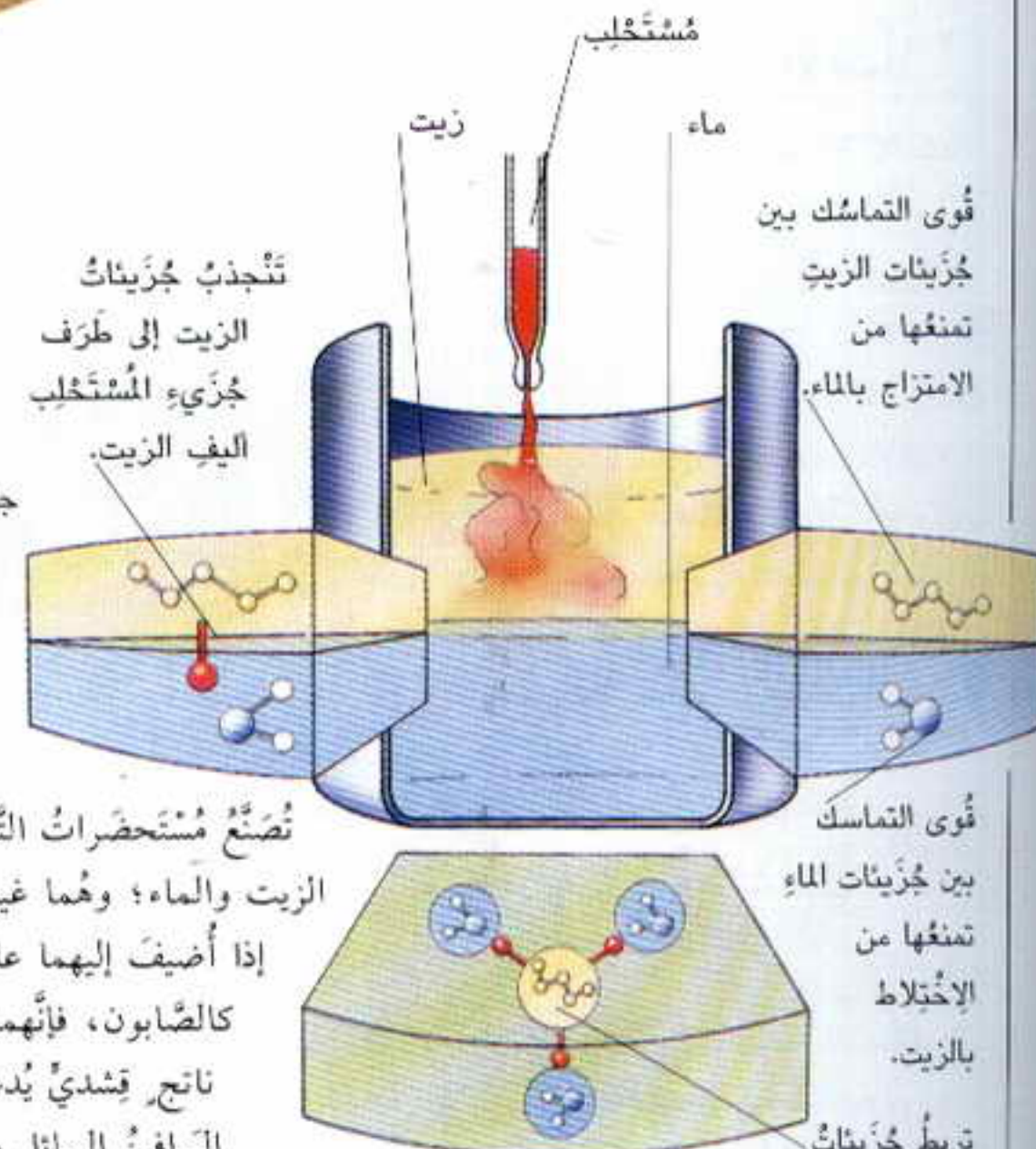
تُخَطَّطُ الشِّفَاهُ بِقَلَمِ التَّخْطِيطِ وَيَحْوِي أَحْمَرُ الشِّفَاهِ الخُضْبَ المَكْمُولَ لِلْوَنِ الجِلْدِ والشَّعْرِ.

هَذِهِ بَعْضُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ الَّتِي تَشَاهِدُهَا السِّيَّاحَاتُ فِي أَيِّ مَحْزَنِ كَبِيرٍ. وَمِنْ كُلِّ صِنْفٍ مِنْهَا دَرَجَاتٌ لَوْنِيَّةٌ مُتَنَوِّعَةٌ لِثَلَاثَةِ جِلْدِ الزَّبُونِ.

تُجَذَّبُ جَزِيئَاتُ المَاءِ إِلَى طَرَفِ جُزْيِ المُسْتَحْلِبِ الِيفِ الزَّيْتِ.

المُسْتَحْلِبَاتُ

تُصَنَّعُ مُسْتَحْضَرَاتُ التَّجْمِيلِ غَالِبًا مِنَ الزَّيْتِ وَالمَاءِ؛ وَهُمَا غَيْرُ مَزُوجَيْنِ، لَكِنْ إِذَا أُضِيفَ إِلَيْهِمَا عَامِلُ اسْتِحْلَابٍ كَالصَّابُونِ، فَإِنَّهُمَا يَمْتَزِجَانِ فِي نَاتِجٍ قَشْدِيٍّ يُدْعَى مُسْتَحْلِبًا. البرَافِينُ السَّائِلُ والقَازِلِينِ، (من النُّفْطِ)، وَزَيْتُ الجَزْوَاعِ واللَّانُولِينِ (دُهْنُ الصُّوفِ) تَوَلِّفُ الجُزْءَ الزَّيْتِيَّ مِنْ أَيِّ مُسْتَحْلِبٍ.



المُسْتَحْلِبُ جُزِيئَاتُ الزَّيْتِ وَالمَاءِ بَعْضُهُمَا بِيَعِضُ مُكَوَّنَةٌ مُسْتَحْلِبًا مِنَ الزَّيْتِ فِي المَاءِ.



من تَقَالِيدِ القَدَامِي

دَابُّ الأَقْوَامِ البَدَايُونِ عَلَى تَلْوِينِ جُلُودِهِمْ بِمُلَوِّنَاتٍ يَتَخَذُونَهَا مِنَ النَّبَاتَاتِ وَالحَيَوَانَاتِ وَالطِّينِ وَالمَعَادِنِ. وَاخْتَلَفَتْ أَسْبَابُ ذَلِكَ مِنْ تَبْيَانِ رُبَّةِ الشَّخْصِ فِي المَجْتَمَعِ إِلَى الإِعْدَادِ لِطُقُوسٍ أَوْ شَعَائِرٍ خَاصَّةٍ. وَلَا يَزَالُ النَّاسُ فِي بَعْضِ الأَقْطَارِ كَغِينِيَا الجَدِيدَةِ، يَحْتَفِظُونَ بِتِلْكَ التَّقَالِيدِ القَدِيمَةِ حَتَّى الْيَوْمِ.

الأظافرُ جُزْءٌ قَاسٍ نَوْعًا مِنَ الجِسْمِ، لِذَا يَحْوِي طِلَاؤُهَا مَوَادَّ كِيْمَاوِيَّةً لَا يَصْغُ اسْتِعْمَالُهَا فِي سِوَاهَا. يَتَأَلَّفُ طِلَآءُ الأظافرِ عَادَةً مِنْ خُضْبٍ فِي مُذِيبِ غُضُويِّ كَالْأَسِيتُونِ.



عَنَاصِرُ مُسْتَحْضَرَاتِ التَّجْمِيلِ

يَحْوِي مُسْتَحْضَرُ التَّجْمِيلِ عَادَةً مَزِيجًا مِنَ المَوَادِّ الكِيْمَاوِيَّةِ. فِطْلَاءُ الأظَافِرِ، مَثَلًا، يَحْوِي ١١ مَادَّةً كِيْمَاوِيَّةً عَلَى الأَقَلِّ - مِنْ رَاتِينِجٍ وَمُلْدَنِ وَمُذْيَبَاتٍ وَخُضْبٍ. كَمَا يَحْوِي المُطْرِيَّ القَشْدِيَّ (الْأَسَاسُ) ٢٣ مَادَّةً كِيْمَاوِيَّةً؛ وَهُوَ مُسْتَحْلِبٌ مِنَ الزَّيْتِ فِي المَاءِ يَضُمُّ مَزِيجًا مَعْقَدًا مِنَ الحَوَامِضِ وَالكُحُولَاتِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- المُرَكَّبَاتُ وَالمَزِيجَاتُ ص ٥٨
- المَحَالِيلُ ص ٦٠
- الصَّابُونُ وَالمُنْظِفَاتُ ص ٩٥
- مُنْتَجَاتُ الفَخْمِ ص ٩٦
- الأَصْبَاغُ وَالخُضْبُ ص ١٠٢
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦

الكيمياء في الطب

يتألف جسمك من آلاف المواد الكيميائية المختلفة التي تعمل بانتظام؛ فإذا اختل نظامها تمرض. وحينئذ يتدخل طبيبك للمعالجة بإعطائك مزيداً من الكيماويات بشكل عقاقير. وأمثلة هذه المعالجة ليست أمراً جديداً. فمُنذ أكثر من ٢٠٠٠ سنة، استخدم الناس في بلاد ما بين النهرين قرابة ٢٥٠ نبتة مختلفة و ١٢٠ معدناً لمعالجة الأمراض. وكان الكثير منها لا يزال قيد الاستعمال في القرن التاسع عشر، عندما جعلت خلاصة هذه الكيماويات أقراصاً علاجية. لكن بعض هذه العلاجات أحدث أعراضاً مَرَضِيَّة كآثار جانبية. ويحرص العلماء اليوم على تصنيع كيماويات مماثلة للطبيعية لا تحدث تأثيرات جانبية.

منذ أكثر من ٢٠٠ سنة، كان يُستخدم نقيع مُحَمَّر من أوراق القمعية (ديجيتاليس) لمعالجة المصابين بقصور القلب. وبعد العديد من السنين، تبين أن تلك الأوراق تحوي عقاراً يُدعى ديجيتوكسين لا يزال يُستعمل في معالجة قصور القلب حتى اليوم.



قطع من قشر الصفصاف

نبات القمعية (ديجيتاليس)

العقاقير الطبيعية

استعمل الطبيب اليوناني، أبقراط، لحاء الصفصاف كمُخَفِّفٍ للألم (رغم أنه يُهَيِّج المعدة) منذ العام ٤٠٠ ق.م. والمعروف أن لحاء الصفصاف يحوي مادة كيميائية تدعى حامض الساليسليك. وقد تمكن الكيميائي الألماني، فيلكس هوفمان في عام ١٨٩٣، من تصنيع مادة كيميائية من قار الفحم مُماثلة تماماً لحامض الساليسليك، وذات تأثيرات جانبية أقل. ويُعرف هذا العقار اليوم بالأسبرين؛ ويستهلك منه سنوياً ما يزيد على ١٠٠,٠٠٠ مليون قرص في سائر أنحاء العالم.

بول إرليخ

رَكَزَ الطبيب الألماني، بول إرليخ (١٨٥٤-١٩١٥)، أبحاثه لإيجاد علاج نوعي سحري يقتل الجراثيم المسببة للمرض، ولا تتأثر به خلايا الجسم البشري. وارتأى أن الأصباغ النوعية الملونة للجراثيم دون سواها من الخلايا قد تكون نقطة البداية. وكان صِبْغ «تريان» الأحمر المصنوع أول مكتشفاته لمعالجة مرض النوم. ثم أتبعه لاحقاً بكيماويٍّ مثيل لمعالجة الداء الإفرتنجي (السفليس) أسماه «سالفارسان».



مراحل تطوير العقار

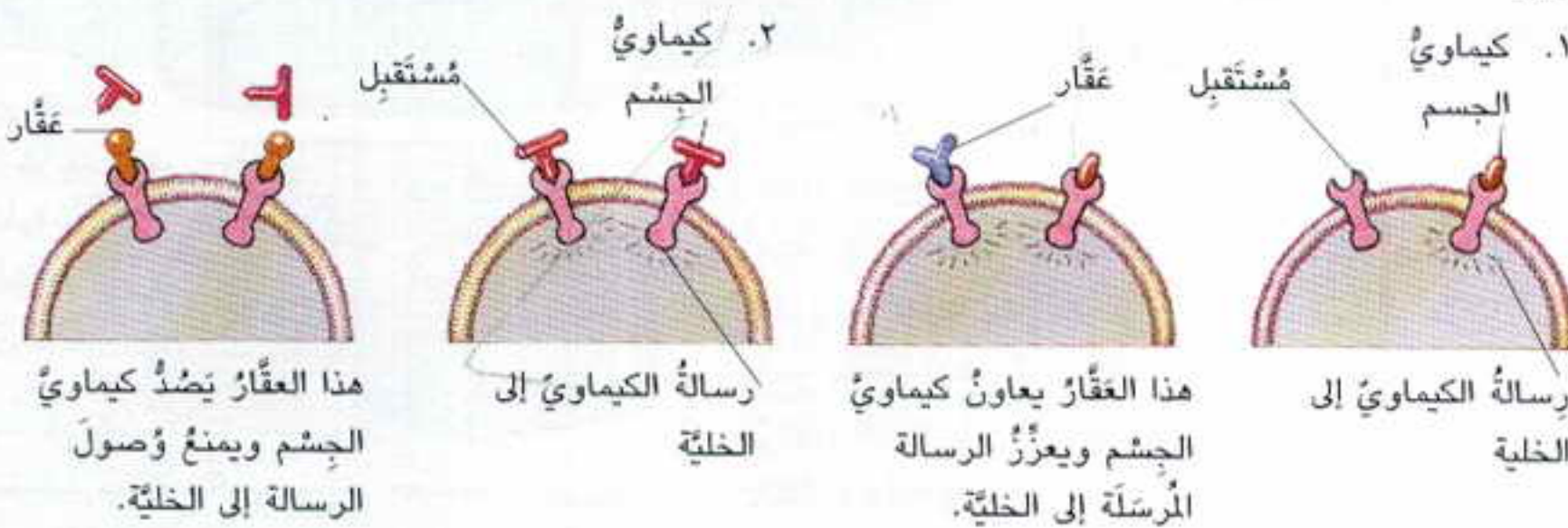
في صنع عقار جديد لمعالجة مريض معين، قد يُختار للمرحلة الأولى من الاختبارات قرابة ٣٠ مادة كيميائية مُستخلصة من كيماويات نباتية أو مُحْتَبَرِيَّة. وتجري الاختبارات على مدى ثلاث سنوات لتحري الآثار السُمِّيَّة لتلك الكيماويات التي قد تتفكك مثلاً، لتكوّن موادَّ مُؤذية. وتنتهي هذه المرحلة عادةً باختيار بضعة الكيماويات التي تجتاز هذه الاختبارات بنجاح.

اختبارات المتابعة

الكيماويات التي تجتاز اختبارات العقار الأولى، يُعاد اختبارها بعناية وجِزْص على أناس أصحاء لاستقصاء تأثيراتها الجانبية. فتُجعل عِيَنَات من كُلِّ مادةٍ منها مُبْعَة قليلاً، لِيُفْتَقَى مسارها في الجسم بواسطة عدادٍ جَنَجَر.

اختبار الاعتماد

بعد ثماني سنوات من الاختبارات، يُختار العقار الأفضل، وتُعطى أقراص منه إلى مجموعة من المرضى. فيما تُعطى مجموعة ثانية عقاقير غُفْلَا (غير فعالة)، وتُقَيَّم فعالية العقار بمُقارَنة المجموعتين.

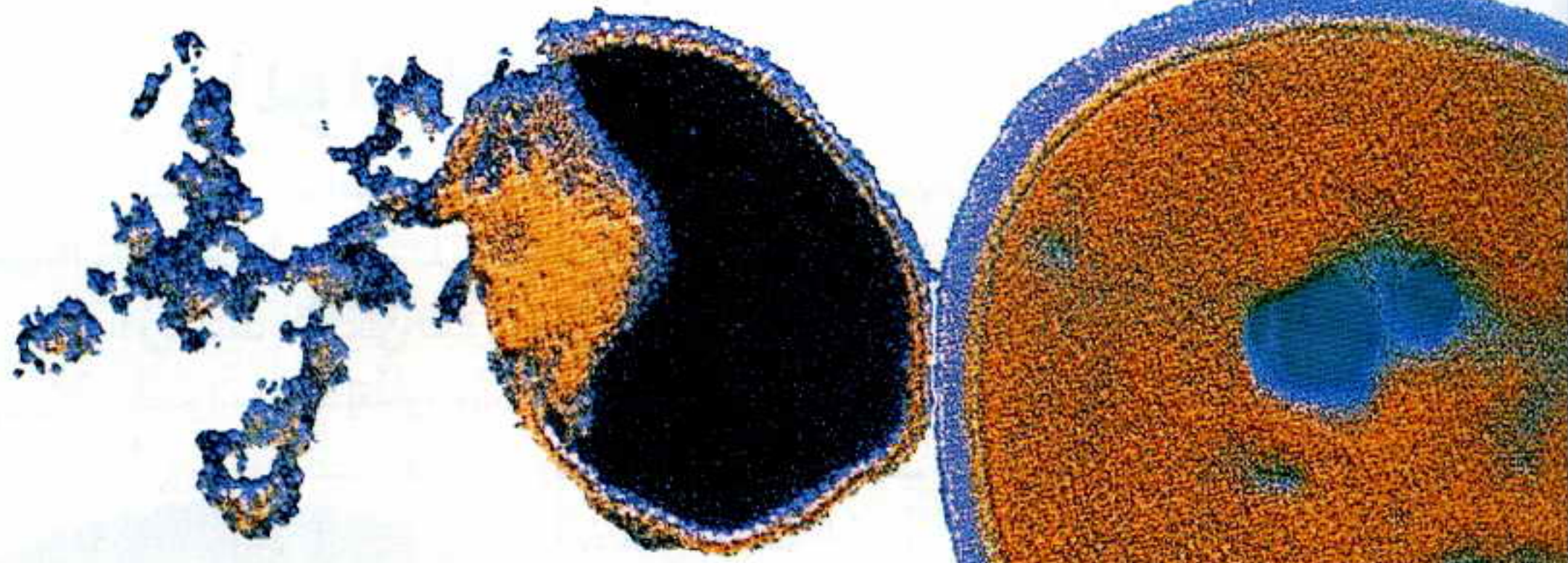


كيف تعمل العقاقير؟

لكل من خلايا الجسم مُسْتَقْبِلَات على سطحها. ويُعتَقَد أن بعض العقاقير تتفاعل مع هذه المُسْتَقْبِلَات. فالأدرينالين، وهو مادة كيميائية يُنتِجها الجسم، يُسرّع خفقان القلب في أوقات الإجهاد. فالعقار المُسمّى ساليوتامول مثلاً، يُرخي عضلات الرئة مرافقاً الأدرينالين على مُسْتَقْبِلَات خلايا تلك العضلات؛ بينما العقار المُسمّى يروبرانولول يصدّ مُسْتَقْبِلَات خلايا عضلات القلب، ويمنع الأدرينالين من الوصول إليها، وبذلك يمنع القلب من الخفقان بمستويات خطيرة.



جُدري الماء داءٌ
تُسببه بعضُ
الحُمات
(الفيروسات)



الحُمات (الفيروسات)

الحُمات مُتَعَصِّياتٌ مِجْهَرِيَّةٌ دَقِيقَةٌ تُسَبِّبُ أَمْرَاضًا مُخْتَلِفَةً كَجُدري الماء (الحُمَاق) والإنفلُونزا والرُّكام. وهي إذْ تَعِيشُ دَاخِلَ خَلَايا الجِسمِ، فإنَّه يَتَعَذَّرُ تَخْلِيْقُ عَقَاقِيرٍ تَقْضِي عليها، دُونَ الإِضْراَرِ بِالشَّخْصِ المُعَالَج. لذا تُصَمِّمُ مُضَادَّاتُ الحُمَاتِ كي تَحْجُبَ الكِيمَاوِيَّاتِ الَّتِي تَحْتَاجُهَا الحُمَةُ لِلتَّكَاثُرِ. وتُجْرَى حَالِيًا تَجَارِبٌ لِمُكَافَحَةِ حُمَةِ الإيدس الصَّعْبَةِ المِرَاسِ بِعَقَّارٍ مُنَاسِبٍ.

الحُمات

(الفيروسات) لا تتأثّر بالمُضَادَّاتِ الخَيَوِيَّةِ، فَنَقَاوِشُهَا بِالْعَقَّارَاتِ المُضَادَّةِ لِلحُمَاتِ.

تُجسُّ بِالْأَلَمِ لَأَنَّ جِهَازَنَا العَصْبِيَّ يَتَبَعُ رِسَالَتٍ مِنَ الجِزءِ المُضَاجِ فِي الجِسمِ إِلَى الدِّمَاغِ. وَتُسْتَعْمَلُ عَقَاقِيرُ التَّبْنِيَجِ لَوَقْفِ تِلْكَ الرِّسَالَتِ فَتُخَيِّرُ الأَلَمَ.

الإِجْهَادُ الزَّائِدُ يَتَسَبَّبُ بِإِفْرَازِ مُفْرَطٍ لِلْأَدْرِينَالِينِ، الَّذِي يُسْرِعُ خَفَقَانَ القَلْبِ وَيَرْفَعُ ضَغْطَ الدَّمِ. وَتُسْتَعْمَلُ عَقَاقِيرُ تُدْعَى مُحَصِّرَاتِ البَيْتَا لَمَنْعِ الأَدْرِينَالِينِ مِنَ الوُصُولِ إِلَى عُضَلَاتِ القَلْبِ.

يَتَسَبَّبُ الإِجْهَادُ أحيانًا بِإِنْتِاجِ كَمِّيَّاتٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الحَامِضِ المَعْدِي الَّذِي قد يُسَبِّبُ القَرَحَةَ. وَالْأَقْرَاضُ المُضَادَّةُ لِلْحَمُوضَةِ تُخَفِّفُ مِنْ هَذِهِ الحَمُوضِيَّةِ؛ أَمَّا العَقَاقِيرُ المُسَمَّاةُ مُحَصِّرَاتِ هـ، فَتَوْقِفُ إِنْتِاجَ الحَامِضِ.

فِي نَوْبَةِ الرُّبُو، تَضْغُطُ عُضَلَاتٌ دَقِيقَةٌ فِي الرِّئَتَيْنِ عَلَى مَجَارِي الهَوَاءِ، فَيَتَعَذَّرُ التَّنَفُّسُ. وَعِنْدَمَا يُسْتَنْشَقُ عَقَّارُ السَّالْبِيُوتَامُولِ، تَرْتَخِي تِلْكَ العُضَلَاتُ وَيَتَيْسَّرُ التَّنَفُّسُ.

التَّحَكُّمُ بِكِيمَاوِيَّاتِ الجِسمِ يَقُومُ بِهِ الغُدُّ كَالْبَنْكَرِيَّاسِ. فَالْإِنْسُولِينُ مِثْلًا، يَعْمَلُ عَلَى جَفْظِ مَخْزُونٍ مِنَ السُّكَّرِ فِي الكَبِدِ. وَفِي الدَّاءِ السُّكَّرِيِّ يَقِلُّ إِنْتِاجُ الْإِنْسُولِينِ فَيَتَوَجَّبُ عِنْدئِذٍ حَقْنُ المَرِيضِ بِكَمِّيَّةٍ إِضَافِيَّةٍ مِنْهُ.

إِلْتِهَابُ المَفَاصِلِ يَنْتُجُ مِنَ الِتِهَابِ أَنْسَاجِهَا فَتَقْدُو مُؤَلِّمَةً. بِاسْتِعْمَالِ العَقَاقِيرِ المُضَادَّةِ لِلِالْتِهَابِ كَالْأَشِيرِينِ تُحَجَّبُ كِيمَاوِيَّاتُ الجِسمِ الَّتِي تُسَبِّبُ تَوَرُّمَ المَفَاصِلِ.

تُخَلَقُ خَلَايا الدَّمِ البَيضاءُ بِالانْقِسَامِ الخَلَوِيِّ فِي الجِهَازِ اللمفاوي. وَإِذَا اخْتَلَّ هَذَا الانْقِسَامُ، فَقَدْ تَنْتُجُ خَلَايا سَرَطَانِيَّةٌ تُسَبِّبُ ابْيضَاضَ الدَّمِ (اللوكيميا). وَهُيْكَلُ مُكَافِئَةٍ ذَلِكَ بِاسْتِعْمَالِ عَقَاقِيرِ سَامَّةٍ لِلخَلَايا تَعْرِقُ انْقِسَامَ وَتَنَامِي الخَلَايا السَرَطَانِيَّةِ.

البكتيريا

البكتيريا مُتَعَصِّياتٌ مِجْهَرِيَّةٌ تُسَبِّبُ أَمْرَاضًا وَالتَّهَابَاتِ كَمَا فِي التَّهَابِ اللُّوزَتَيْنِ، وَهِيَ القَضَاءُ عَلَيْهَا بِوَاسِطَةِ كِيمَاوِيَّاتٍ تُعْرَفُ بِالْمُضَادَّاتِ الحَيَوِيَّةِ. وَكَانَتِ المُضَادَّاتُ الأُولَى كَالْپَنَسِيلِينِ تُحَصَّرُ مِنَ العَفْنِ وَالْفُطْر؛ أَمَّا الْيَوْمَ، فَتُخَلَقُ مُعْظَمُ المُضَادَّاتِ مِنْ كِيمَاوِيَّاتٍ أُخْرَى. وَتَعْمَلُ المُضَادَّاتُ الحَيَوِيَّةُ أَسَاسًا بِإِحْدَى طَرِيقَتَيْنِ - إِمَّا بِمَنْعِ البَكْتِيرِيَا مِنْ تَخْلِيْقِ جُدْرَانِهَا الخَلَوِيَّةِ، أَوْ بِعَرْقَلَةِ الأَنْشِطَةِ الكِيمَاوِيَّةِ دَاخِلَ خَلَايَاهَا.

انحلال

البكتيريا
بفعل المضاد
الحيوي

يُفَرِّجُ القَلْبُ المُفْرَطُ أحيانًا بِالْمِهْدَنَاتِ، كَالْدِيَازِيپَامِ وَالنِّتْرَازِيپَامِ، وَهِيَ كِيمَاوِيَّاتٌ تَتَعَامَلُ مَعَ كِيمَاوِيَّاتِ الدِّمَاغِ. لَكِنَّ هَذِهِ المِهْدَنَاتِ قد تَبْعَثُ عَلَى الإِدْمَانِ.

كيمَاوِيَّاتُ الجِسمِ

يَفْرَزُ الجِسمُ السَّلِيمُ عَدِيدًا مِنَ الكِيمَاوِيَّاتِ المُتَبَايِنَةِ لِلتَّحَكُّمِ فِي وَطَائِفِ أَجْهَازِهِ المُخْتَلِفَةِ. وَالخَلَلُ فِي كَمِّيَّةِ أَحَدِ هَذِهِ الإِفْرَازَاتِ، إِفْرَاطًا أَوْ نَقْصًا يُسَبِّبُ عِلَلًا مُعَيَّنَةً. وَالكَثِيرُ مِنَ العَقَاقِيرِ هِيَ كِيمَاوِيَّاتٌ مُصَمَّمَةٌ لِمُعَالَجَةِ الاِعتِلَالِ المُعَيَّنِ بِمُعَاوَنَةِ كِيمَاوِيَّاتِ الجِسمِ عَلَى إِعَادَةِ الجِهَازِ المُخْتَلِ إِلَى وَضْعِهِ الطَبِيعِيِّ.

يَتَسَبَّبُ الإِجْهَادُ أحيانًا بِإِنْتِاجِ كَمِّيَّاتٍ كَبِيرَةٍ مِنَ الحَامِضِ المَعْدِي الَّذِي قد يُسَبِّبُ القَرَحَةَ. وَالْأَقْرَاضُ المُضَادَّةُ لِلْحَمُوضَةِ تُخَفِّفُ مِنْ هَذِهِ الحَمُوضِيَّةِ؛ أَمَّا العَقَاقِيرُ المُسَمَّاةُ مُحَصِّرَاتِ هـ، فَتَوْقِفُ إِنْتِاجَ الحَامِضِ.

مُكَافَحَةُ المَرَضِ

١٧٩٦ أَجْرَى الطَّبِيبُ الْإِنْكَلِيزِيُّ، إِدْوَاردُ جَنَرٌ، أَوَّلَ تَلْقِيحٍ ضِدَّ الجُدْرِيِّ.
١٨٩٧ اكْتَشَفَ الْعَالِمُ الْإِنْكَلِيزِيُّ، جُوزِيْفُ لِيْشْتَرٌ، أَوَّلَ مُظْهَرٍ يُسْتَعْمَلُ عَلَى نِطاقٍ وَاسِعٍ - هُوَ حَامِضُ الكَرْبُولِيكِ.
١٩٢٨ اكْتَشَفَ الْعَالِمُ الْاسْكُوتْلَنْدِيُّ، أَلِكْسَنْدَرُ فليمنج، أَنَّ فُطْرَ الپَنَسِيلِيُومِ يَقْتُلُ البَكْتِيرِيَا. وَأَدَّى هَذَا الْاِكْتِشَافُ لِاحْتِقَا إِلَى اسْتِخْلَاصِ الپَنَسِيلِينِ كِمُضَادٍّ حَيَوِيٍّ فَعَالٍ.
١٩٣٢ طَوَّرَ الكِيمَاوِيُّ الْأَلْمَانِيُّ، جِيرْهَارْدُ دُومَاغٌ، أَوَّلَ عَقَّارٍ اصْطِنَاعِيٍّ لِقَتْلِ البَكْتِيرِيَا (هُوَ عَقَّارُ السِّلْفَا).
١٩٤١ نَجَحَ الطَّبِيبَانِ الْأُسْتْرَالِيَّيْنِ هُورْدُ فُلُورِي وَالأَلْمَانِيُّ إِرْنِسْتُ تَشِينُ فِي اسْتِخْلَاصِ الپَنَسِيلِينِ وَتَحْضِيرِهِ بِكَمِّيَّاتٍ وَفِيرَةٍ.

المُظْهَرَاتُ

قد تَتَلَوَّثُ الجُرُوحُ بِالجَرَاثِمِ الْمُؤَذِيَةِ إِذَا لَمْ تُعَالَجْ نَوًّا بِأَحَدِ المُظْهَرَاتِ لِتَقْضِي عَلَيْهَا، وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِطَرِيقٍ عَدَّةٍ. فَالْكُحُولُ الَّذِي يَفْرَكُهُ الطَّبِيبُ عَلَى جِلْدِكَ قَبْلَ الحَقْنَةِ يَقْضِي عَلَى الجَرَاثِمِ بِتَفْكِيكِ الپَرُوتِينِ الَّذِي تَتَأَلَّفُ مِنْهُ خَلَايَاهَا.

فِي نَوْبَةِ الرُّبُو، تَضْغُطُ عُضَلَاتٌ دَقِيقَةٌ فِي الرِّئَتَيْنِ عَلَى مَجَارِي الهَوَاءِ، فَيَتَعَذَّرُ التَّنَفُّسُ. وَعِنْدَمَا يُسْتَنْشَقُ عَقَّارُ السَّالْبِيُوتَامُولِ، تَرْتَخِي تِلْكَ العُضَلَاتُ وَيَتَيْسَّرُ التَّنَفُّسُ.

التَّحَكُّمُ بِكِيمَاوِيَّاتِ الجِسمِ يَقُومُ بِهِ الغُدُّ كَالْبَنْكَرِيَّاسِ. فَالْإِنْسُولِينُ مِثْلًا، يَعْمَلُ عَلَى جَفْظِ مَخْزُونٍ مِنَ السُّكَّرِ فِي الكَبِدِ. وَفِي الدَّاءِ السُّكَّرِيِّ يَقِلُّ إِنْتِاجُ الْإِنْسُولِينِ فَيَتَوَجَّبُ عِنْدئِذٍ حَقْنُ المَرِيضِ بِكَمِّيَّةٍ إِضَافِيَّةٍ مِنْهُ.

لِزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

كِيمَاءُ الجِسمِ البَشَرِيِّ ص ٧٦
الحُمَاتُ (الفيروسات) ص ٣١٢
الجَرَاثِمُ (البكتيريا) ص ٣١٣
الرَّيْسَاتُ ص ٣٣٦
الْخَلَايا ص ٣٣٨
الْبَيْئَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ) ص ٣٥٠
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦

إِلْتِهَابُ المَفَاصِلِ يَنْتُجُ مِنَ الِتِهَابِ أَنْسَاجِهَا فَتَقْدُو مُؤَلِّمَةً. بِاسْتِعْمَالِ العَقَاقِيرِ المُضَادَّةِ لِلِالْتِهَابِ كَالْأَشِيرِينِ تُحَجَّبُ كِيمَاوِيَّاتُ الجِسمِ الَّتِي تُسَبِّبُ تَوَرُّمَ المَفَاصِلِ.



المواد اللصوقة

استعمالات المواد اللصوقة عديدة ومتنوعة - من الدبقي على قفا الطوابع البريدية وسُدول ظروف الرسائل، إلى الصمّوغ التي تشدّ صفحات هذا الكتاب، أو الغراء الذي يقوّي وصلات الكرسي الذي تجلس عليه، أو يلصق الحذاء الذي تنعله. والمواد المستخدمة لصوقات مختلفة ومتعددة كانت مصادرها الأولى من النبات والحيوان. في القرن التاسع عشر، كان المطاط هو المادة القوامية في المواد اللصوقة؛ أما اليوم، فتستعمل المكثورات على نطاق واسع. واللصوق يلزق ويلزق لأنّ جزيئاته تشكّل روابط مع الأجسام التي يلصقها. وهذه الروابط قد لا تقل متانتها عن تلك التي تربط الجزيئات في قطعة من الصخر.

راتينج غرائي
السائل الناز من غصن
صنوبر مقطوع، يحوي
راتينجاً مستخدماً غراء
على مدى مئات السنين.

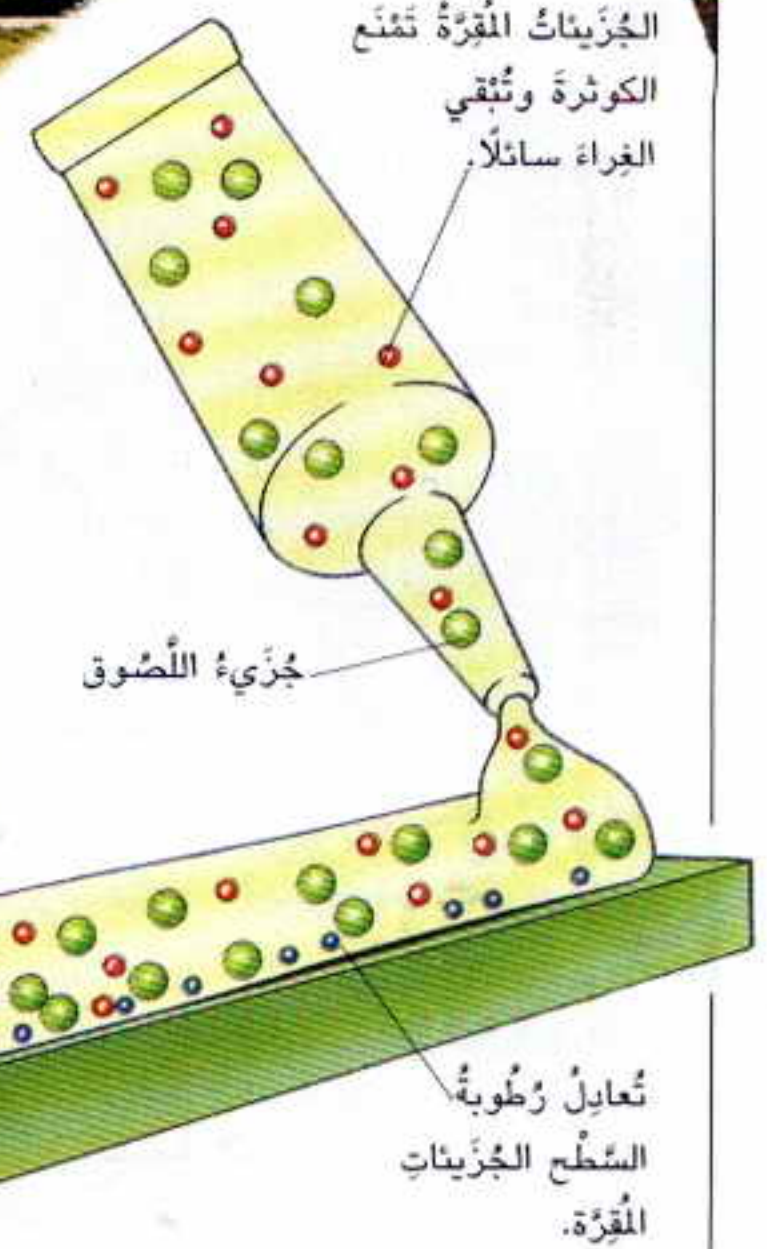
لزقت السيارة
الصفراء باللوح
براتينج الإيوكسي
القوي.



راتينج إيوكسي

تستخدم الصناعات غراءات اصطناعية تدعى الراتينجات الإيوكسية التي أصبحت تستخدم شعبياً على نطاق واسع لأنها تلصق مدى واسعاً من الأشياء بروابط متينة جداً مقاومة للحرارة ولتقلبات الطقس.

الجزيئات المقررة تمتع
الكثرة وتبقى
الغراء سائلاً.



جزيء اللصوق

تعايل رطوبة
السطح الجزيئات
المقررة.

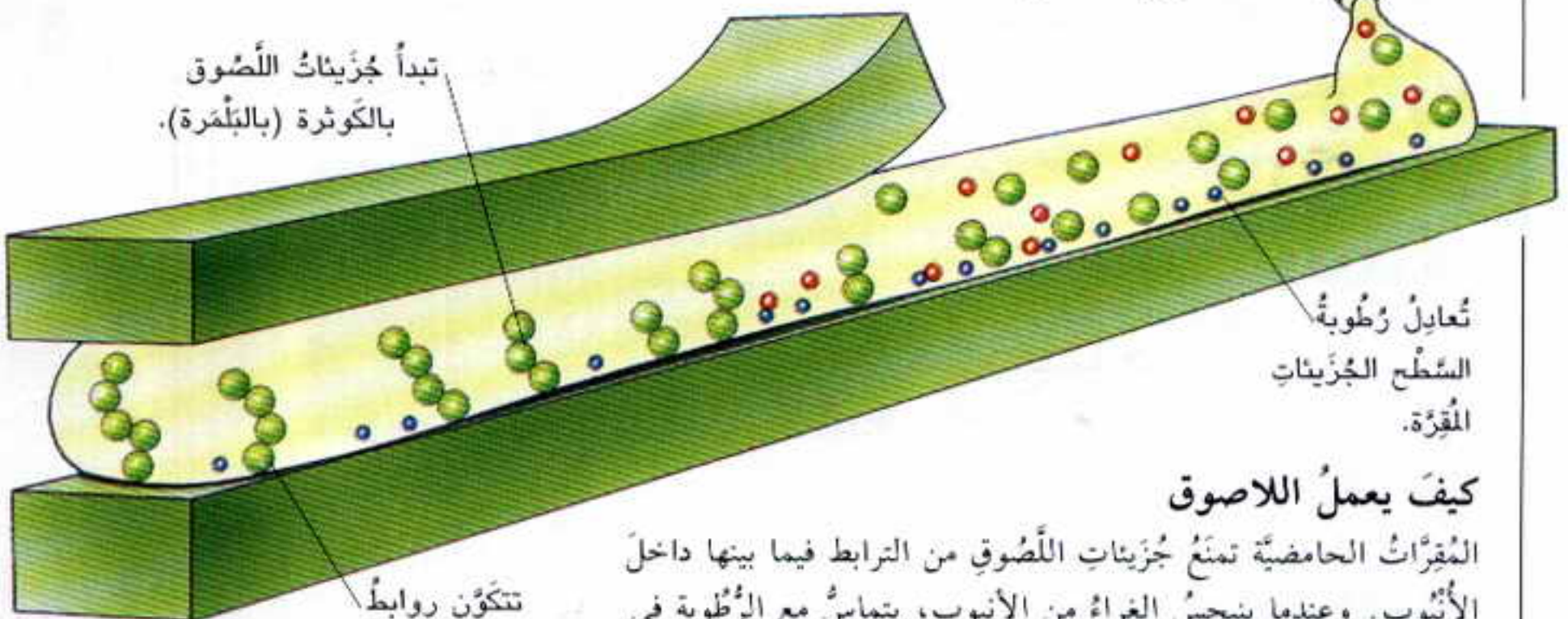


تغري الوصلات
المكثلة بالنموذج.

غراء لدن بالحرارة

يستخدم هذا الغراء في صنع النماذج، وهو يحوي جزيئات الهولسترين مذابة في مذيب كالأسيتون. فعندما تغري به الوصلة، يتبخر المذيب وتتصامم جزيئات الهولسترين معاً لتكوّن رابطاً. وعند إحماء الوصلة، ينصهر الغراء بانزلاق الجزيئات بعضها فوق بعض، فيمكن إعادة تشكيلها.

تبدأ جزيئات اللصوق
بالكثرة (بالتمرة).



تتكوّن روابط
متينة بين أطراف المكثور
والسطح.

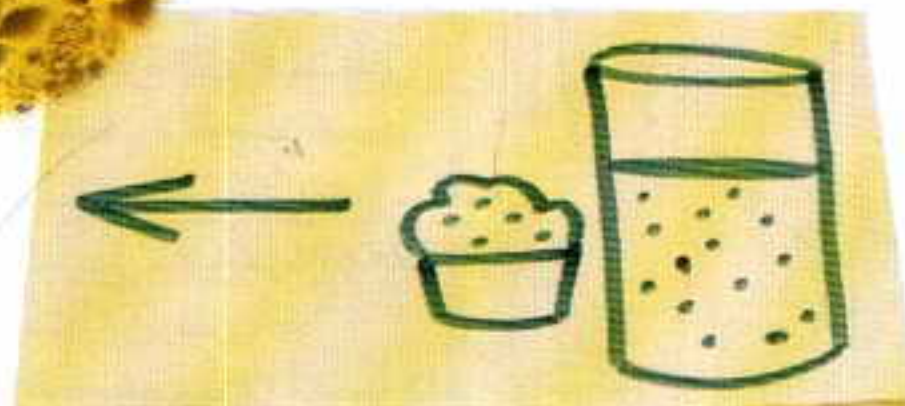
كيف يعمل اللاصوق

المقررات الحامضية تمنع جزيئات اللصوق من الترابط فيما بينها داخل الأنبوب. وعندما ينبجس الغراء من الأنبوب، يتماس مع الرطوبة في الهواء وعلى السطح. فعاديل الرطوبة جزيئات المقر، تاركة جزيئات اللصوق تتراكم فيما بينها. وتشكّل المكثورات، المؤلفّة من سلاسل من الجزيئات، روابط متينة صلبة بين السطحين المتماسين للغراء.

حفاز

راتينج

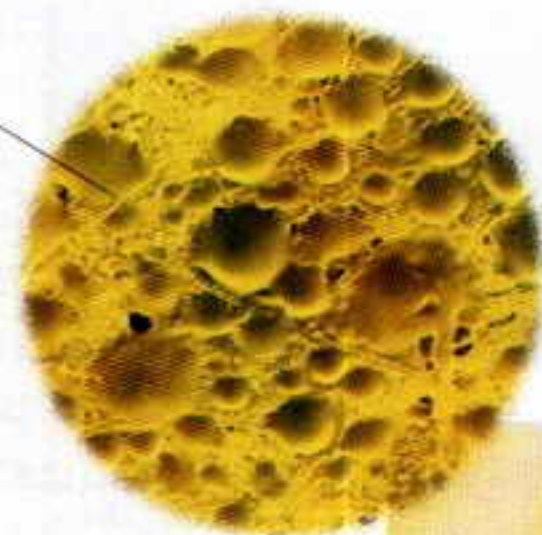
ملصقات
تكرارية
الاستعمال



الشريحة الدبقة على ملصق أو بطاقة تكرارية الاستعمال تحيل آلاف الفقاعات الدقيقة الدبقة. وفي كلّ مرة تلصق الشريحة بسطح ما، تنفجر فقاعات قليلة منها، فتظل قابلة لأن تتزع وتستعمل تكراراً.

غراء من جزأين
بعض الراتينجات الإيوكسية تتطلب حفازاً أو مصلداً لتصلب. فيحفظ الراتينج والحفاز في أنبوبين منفصلين ويمزجان معاً عند الحاجة. والمزيج سرعان ما يُشكّل رابطاً لا ينصهر بالاحماء.

صورة فوتوغرافية
مكبرة لجزيئات لصوق
متراكم بعضها ببعض.



لزيد من المعلومات انظر

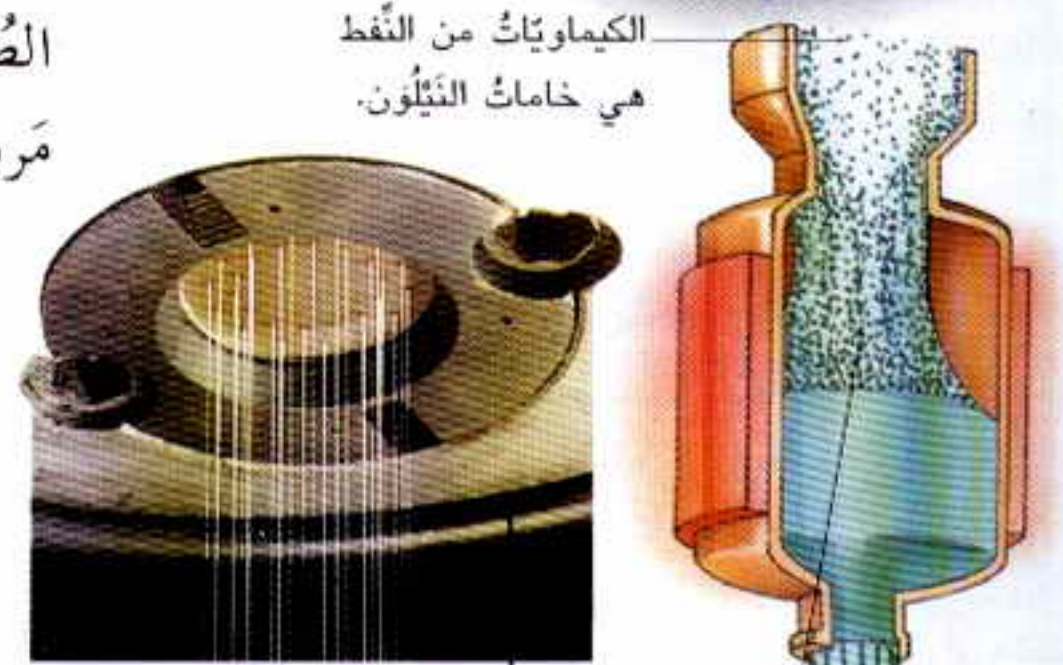
- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الحفازات ص ٥٦
- فضل المزيجات ص ٦١
- المكثورات ص ١٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

يُحَوَّلُ الْكَثِيرُ مِنْ
ضُرُوبِ
الْبُتْرُو كِيمَاوِيَّاتِ
إِلَى كُرَيَّاتٍ صَغِيرَةٍ
ثُمَّ تُغْرَلُ الْيَافَا.



صُنِعَ النَّيْلُونُ

الكِيمَاوِيَّاتُ مِنَ النَّفْطِ
هِيَ خَامَاتُ النَّفْطِ.



الصهيرُ المندفعُ عَبْرَ الثقوبِ الدقيقةِ في المسكبة،
يَنْبِثُ أليافاً منصهرةً متساويةً الثخانة.

يُصْغَطُ
المَكْتُورُ
النَّصْهَرُ غَبْرُ
مَسْكِيَّة
الأَلْبَابِ.

أُخْمِي المَوَادُّ
الخَامِ لَتَحْضِيرِ
المَكْتُورِ
النَّصْهَرِ.

تَتَصَلَّبُ الْأَلْيَافُ فِي مَغْطَسِ تَبْرِيدٍ.
تُشَكِّلُ الْأَلْيَافُ كَبَلًا.

صُنِعَ النَّيْلُونُ

كان النيْلون أوَّل الألياف المُصنَّعة بالكامل من الكيماويات. ويتمُّ ذلك باحماء كُريَّات النيْلون إلى درجة ٢٦٠°س ليتحوَّل إلى صَهير مَكثُورٍ، يُقَحَّم عِبرَ المَسكِبة في عملية البَثْق. وعند انبثاقه من الثُّقوب الدقيقَةِ إلى الجوّ البارد، تأخذ خيوطُ النيْلون بالتصلُّب الذي يَكتمِلُ بالمعالجة في مَغطس تبريد خاصٍّ؛ ثُمَّ تُغزَل خيطًا طويلًا يُلَفَّ على مِكب.

تُدَارُ خِيوطُ الرَّايُونِ
حَوْلَ عَجَلَاتِ دَوَّارَةٍ
تَكُونُ الْخِيْطُ (الْبَرِيْم).



صُنْعُ الرَّاْيُونِ

الرايون ألياف تُصنع من سليولوز لب الخشب.
والحقيقة أن ليف الرايون هو ليف مُعاد التكوين
لأن السليولوز، خامه القوامي الأصلي، يُفكك ثم
يُعاد تشكيله. وهذا يخلو من المادة الأصلية ضرباً
أسمى وأمتن وأسهل للصنع. والرايون أنواع
أهمها الفسكوز.

ألياف الصوف
راخية الرّص
مما يجعل
المادة عازلاً
جيداً للحرارة.

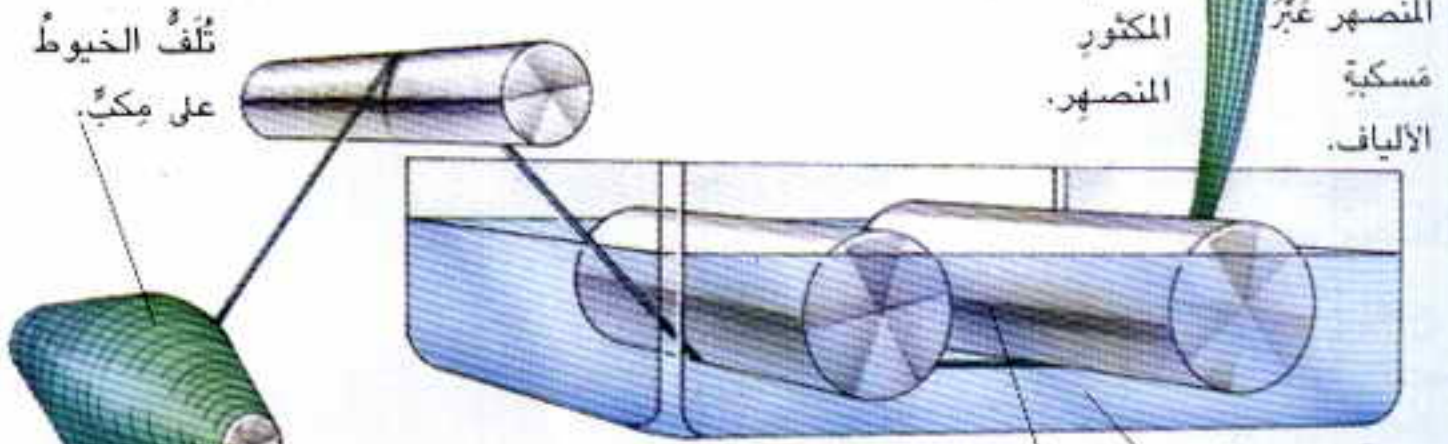
الألياف الطبيعية
والاصطناعية

الآلياف التي استخدمت أصلاً
لصنع الملابس كانت من الصوف
والقطن والحبر، وكان مصدرها
النبات والحيوان. أما اليوم، فقد دخلت
البتركيماويات أيضاً في تصنيع آلياف
كالنيلون والأكرليك والنيلون التي هي
أمتن وأرخص ثمناً من المواد الطبيعية.

القَمَاشُ الْمُتَلَارُ النَّسِجُ يَمْنَعُ
قَطْرَاتِ الْمَطَرِ مِنْ اخْتِرَاقِهِ.

أَلْيَافُ النَّيْلُونِ مَتِينَةٌ
وَمَرْوَنَةٌ.

أَلْيَافُ
الْبُولِيستر
قوية الاحتمال
قليلة الموطية،
لكنها تحتفظ بشكلها
جيداً.



يُخَمَّى الْقَمَاشُ
كِي يَنْتَشِرَ الرَاتِينُجُ
وَيُعْطَى كُلُّ الْإِلْيَافِ.

التَّضْمِيدُ لِلْمَاءِ

تُعْشَى أَلْيَافُ الْمَلَابِيسِ الصَّادَةِ
لِلْمَاءِ بِرَاتِنِجِ السِّلِيكُونِ. فَيُمَرَّرُ
الْقُمَاشُ عَبْرَ الرَاتِنِجِ بِوَسْطَةِ دَحَارِيجِ
دَوَّارَةٍ، ثُمَّ يُحْمَى لِيَتَشَرَّ الرَاتِنِجُ إِسْوِيًّا
عَلَيْهِ. الرَاتِنِجُ يَمْنَعُ النَسِيجَ مِنْ
امْتِصَاصِ الْمَاءِ، فَيَغْدُو هَذَا قُمَاشًا
مُمْتَازًا لِصُنْعِ الْمُشْمَعَاتِ وَالْخِيَمِ.

راتينج السليكون
في المغطس يُغشي
القماش.

شَارْدُونِيه

عَالِجُ الكِيمَائِي الفرنسي، الكونت هيلار شَارْدُونِيه (١٨٣٩-١٩٢٤)، أَلْيَافُ القُطْنِ بِمَزِيجٍ مِنَ الكِيمَاوِيَّاتِ وَالْكُحُولِ، ثُمَّ أَقْجَمَهَا فِي مَسْكَبَةِ الأَلْيَافِ. فَتَسَخَّرَ الكُحُولُ تَارِكًا أَلْيَافًا بَرَّاقَةً بَدَتْ كَأَنَّهَا تُشِعُّ نُورًا، فَسُمِّيَتْ تِلْكَ الأَلْيَافُ الجَدِيدَةُ الرَايُون «أَوْ حَرِيرِ شَارْدُونِيه» الَّذِي لَاقَى رَوَاجًا شَدِيدًا فِي أَوَائِلِ القَرْنِ العَشْرِينَ.



لمزيد من المعلومات انظر

تَغْيِرَاتُ الْحَالَةِ ص ٢٠
التَّرَابُطُ الْكِيْمَاوِيّ ص ٢٨
الْمَحَالِيلُ ص ٦٠
الْمَكْثُورَاتُ ص ١٠٠
الْأَضْيَاعُ وَالْحُضْبُ ص ١٠٢
تَضْمِينُ الْمَوَادِّ ص ١١١.

الورق

تُغطّي الأشجار ثلث سطح الأرض تقريباً، ويُستخدم الكثير منها في صناعة الورق. فالتجذّعات التي تُشاهد في الخشب تبين اتجاه آلاف الألياف الدقيقة التي تُنتجها الشجرة أثناء نموها لنقل النسغ في جذعها ولدعم ثقل أغصانها. في صناعة الورق تُفصل الألياف بعضها عن بعض، ثم تُضمّ ثانية بشكل مُتصالب ليتحوّل إلى طليحات رقيقة. فانت حين تمزق طليحة من الورق تلاحظ الألياف الدقيقة المتلاصقة لتؤلّفها. إنّ إعادة التحريج تعوّض عن الأشجار التي تُقطع لتصنيع الورق وتحفظ هذا المورد الأولي المهم من النفاد.



بدايات الورق
بدأ صنع الورق من الخشب في الصين حوالي سنة ١٠٥ للميلاد باستخدام ألياف شجر التوت. ولعلّ الفكرة استُمدّت من مراقبة الزنابير تبني أعشاشها من جذاذات الخشب الدقيقة.

صنع الورق

يُصنع معظم الورق من أشجار الغابات ذات الخشب الرخو كالصنوبر والتّوب.

تُحوّل جذاذات الخشب إلى عجينة الورق.

تُقطع الأشجار وتنقل جذوعها إلى مصانع الورق بواسطة الشاحنات والقطارات، أو بتطويقها في مجاري الأنهار.

تُقطع الجذوع إلى جذاذات طول الواحدة منها ٢ سم وسمكها ٠,٥ سم.

لتحرير الألياف، تُحمّى جذاذات خشب التّوب مع الحوامض، أمّا جذاذات الخشب الصلب والصنوبر فتحمّى مع القلويّات.

تُفرّج الألياف مع موادّ الحشو والغرويات والخُصْب والأصباغ لتكوين عجينة ورق ناعمة.

يُزال الماء من عجينة الورق السائلة بالسفط، ثمّ يكتسب الورق بين دحاريج دوّارة.

صنع الورق
يُصنع الورق في مصانع خاصّة حيث تُقطع جذوع الخشب إلى قطع صغيرة ليتمكن الكيماويّات من حلّها وتحرير أليافها. فالكيماويّات السائلة الساخنة، تُذيب اللّجنين (الخشّين) الذي يُكسب الألياف مقاومتها وشدّتها. ثمّ تُضاف كيماويّات أخرى لتجعل الورق صقيلاً متيناً وغير شفاف. وأخيراً تُعالج عجينة الورق غروياً براتينج القلّونيّة أو بالشّمع لجعل الورق مقاوماً للماء.

تُزيل الدحاريج الدوّارة الماء الزائد وتضغط الورق.

يُصقل سطح الورق وينمّم بمجموعة من الدحاريج الدوّارة.

يُخرج الخشب في النهاية لفّة من الورق.

هناك أنواع عديدة من الورق تتفاوت حجماً ومتانة واستعمالاً. كما تُضاف الخُصْب والأصباغ لإنتاج مدى لا حدّ له من الألوان والأشكال.

تُعاد نفايات الورق إلى المصنع لإعادة تدويرها (وتصنيعها مجدداً).

إعادة تدوير الورق (وتصنيعه مجدداً)
يمكن تخفيض عدد الأشجار التي تُقطع لصنع الورق والكيماويّات والطاقة المستخدمة في صنعه بجمع الجرائد من المنازل، ونفايات الورق من المكاتب، والكرتون من المصانع وإعادة تدويرها (أي تصنيعها مجدداً) لإنتاج المزيد من المُنتجات الورقيّة.

تُنعّم ألياف الورق النسيجي وتُحمّل بسكين أثناء دروجه خارج المكنة فيكتسب الورق نسيجة ناعمة خفلة.

يُصنع الكرتون بطريقة مماثلة لصنع الورق.

تُجمع نفايات الورق لإعادة التدوير.

تُكفّف عجينة الورق تدريجياً على شبكة سلكيّة.

يُمنّص سبّز اللباد الماء المتبقي في الورق.

المنتجات الورقيّة

تختلف أنواع الورق تبعاً لما تحتويه من ألياف؛ وما يُضاف إليها من كيماويّات ولطريقة معالجة عجينة الورق في مكنة التصنيع. هنالك نوعان من الألياف الخشبيّة، نوع رخيص من سحيق ألياف الخشب، وآخر أغلى ثمناً تُصنع أليافه كيماوياً.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الحوامض ص ٦٨
- المكثورات ص ١٠٠
- الأصباغ والخُصْب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

الخزفيات

تولّف الخزفيات الكثير ممّا حوّلنا من مختلف أنواع الأطباق والأقداح والأباريق إلى طوب المباني وعوازل الكبّلات وبدائل الأسنان. وتقسّم الخزفيات إلى فئتين - تشمل الأولى المواد التي تُشكّل قبل مُعالجتها بالحرارة كما في الأواني الفخاريّة والطوب. وتحوي الفئة الثانية المواد التي تُشكّل بعد مُعالجتها بالحرارة كما في الرُجاج والإسمنت.



طين الخزاف

ظفل الأواني الفخاريّة مزيج من نوعين من الطين هما الكاولين (أو الظفل الصيني) الذي يُكسب الفخاريّات نسيجها الناعمة، والطين اللدن الذي يُكسبها المتانة.

استعمال الخزفيات

الخزفيات موادّ صلبة قصفة تُصنّع بشي الطين الصلصالي. وقد استخدم هذا في صنع الأواني الفخاريّة منذ آلاف السنين، وكان يُشوى في موقد مكشوفة؛ أما اليوم، فيُقسى في أفران خاصة. ويجري حاليًا تطوير خزفيات جديدة للاستعمال في مُحركات السيارات والطائرات، لأنها صامدة لدرجات الحرارة العالية جدًا، وتدوم طويلًا.



الطين

المجفف بالنار

يفقد محتواه المائي ليُشكّل بنيةً أمتن وأوثق.

في داخل الفرن

تُشكّل الأواني الفخاريّة رطبة وتوضع في الفرن حتى تتصلّد. وفي أثناء الشّي تجري تفاعلات في الطين تتفكك فيها بعض كيميائياته، ثم تُعاود ترابطها مُجددًا لتكون موادّ أمتن وأقوى.

يُشدّ الإسمنت كسارّة الصخر بعضها إلى بعض في مزيج خرسانتي.

المزجج الصقيّة على خبّات العقد الفخاريّة هي أيضًا من الخزف.



الطوب المتين المقاوم للتجوية مادة بناء مثالية لمختلف المنشآت.



الطين المسامي في

أصيص النبات يدع الماء يتنخّر من التربة فيبقى جذور النبات باردة.

صنع الإسمنت

الصلصال والطباشير والماء هي المواد الأولية لصنع الإسمنت.

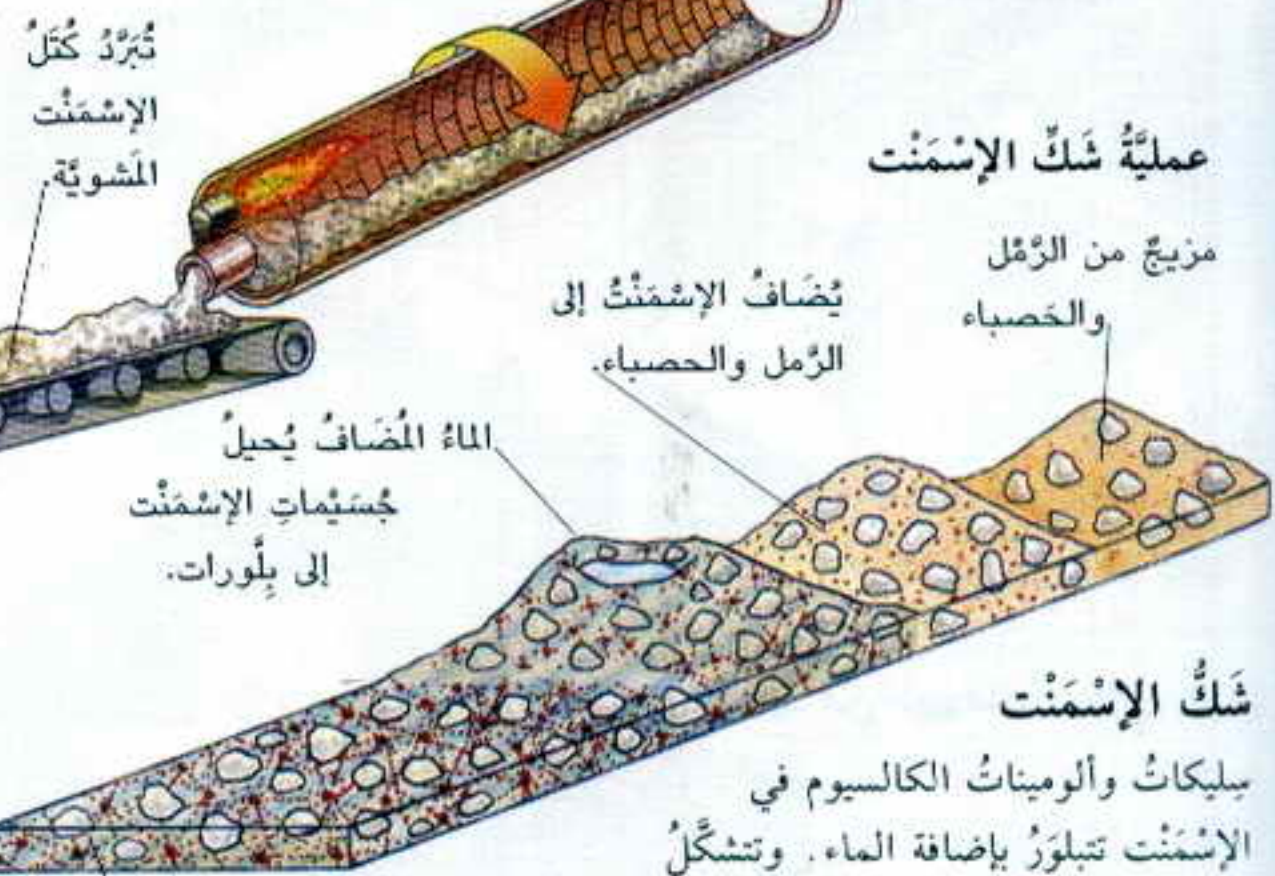


تُفرّج المواد الأولية خليطًا طينيًا رقيق القوام.

يُحمى الخليط الطيني في فرن دوار طوله قرابة ١٨٢ مترًا.

عملية شك الإسمنت

مزيج من الرّمْل والخصباء يُضاف الإسمنت إلى الرّمْل والخصباء.



شك الإسمنت

سليكات وألومينات الكالسيوم في الإسمنت تبلور بإضافة الماء. وتشكّل البلّورات في الفجوات بين الرّمْل والخصب في الخرسانة، فتحيط بها من كلّ جانب مُكوّنة روابط متينة تُشدّ الإسمنت بعضه إلى بعض.

تشدّ بلّورات الإسمنت الرّمْل والخصب بقوة فتشكّل الخرسانة.

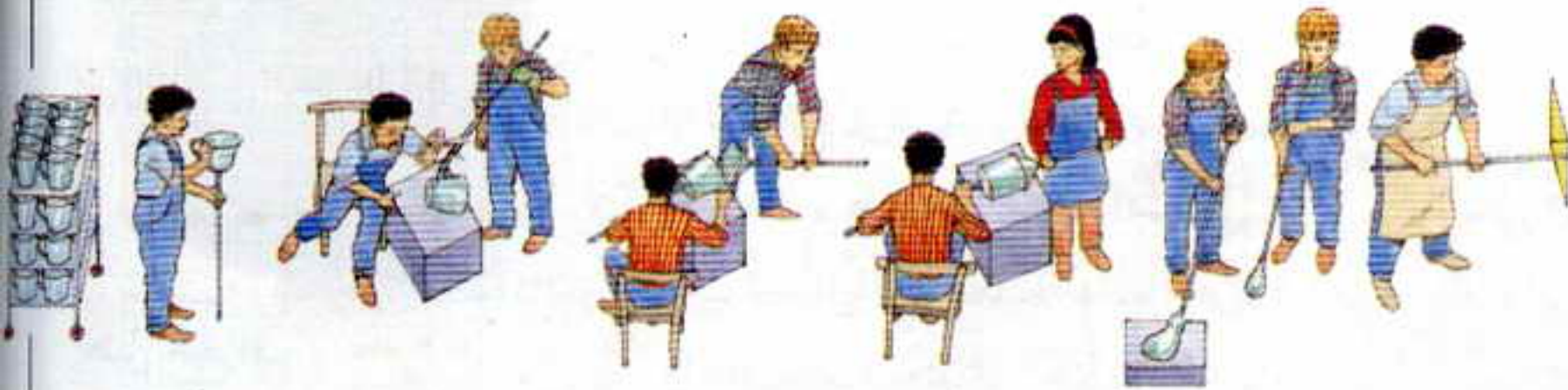
صنع الإسمنت

في عملية التصنيع، يُحمى الخليط الطيني الرقيق القوام فيتحوّل محتواه الطباشيريّ إلى أكسيد الكالسيوم، الذي يتحدّ مع السليكون والألومنيوم في الصلصال مُكوّنًا السليكا والألومينا (سليكات وألومينات الكالسيوم) الإسمنتية. ثمّ تُطحن مدرات الإسمنت مع الجبس لمنعه من الشكّ السريع، وتُجهّز لاستخدام البتّانين.

لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- الترايط الكيميائي ص ٢٨
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- المواد ص ٨١
- الأصباغ والخشب ص ١٠٢
- الألياف ص ١٠٧

الزجاج

كربونات
الكالسيومكساره
الزجاج

رمال

كربونات
الصوديوم
(الصودا)

زجاج يدوي التصنيع

لتصنيع الزجاج يدوياً تؤخذ كتلة من الزجاج المنصهر على طرف قضيب مجوف من الحديد وتنفخ فيها فقاعة صغيرة. ثم يبرد الزجاج بالدلفنة على لوح حديدي ويشكل بالأدوات بينما يُعاد إحماءه دورياً لتيسير المعاملة.

مقومات الزجاج الأولية

ينصهر الرمل عادةً على درجة ١٧٠٠°س؛ لكن إذا مُزج مع كربونات الصوديوم (الصودا)، تنخفض درجة الانصهار وتوفر الطاقة. وتُضاف كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) لمنع الزجاج من الذوبان في الماء. كما تُضاف أيضاً كسرة الزجاج فتصهر لإعادة تدويرها.

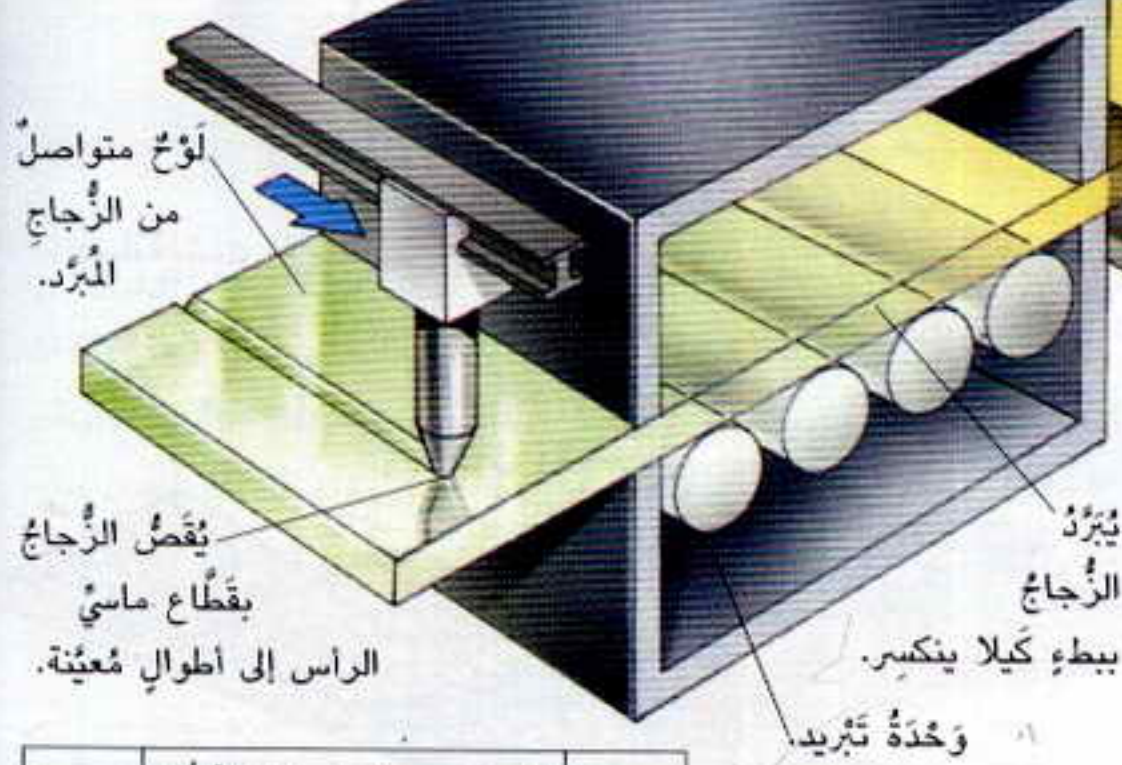
الزجاج أحد أقدم المواد المُستحضرة اصطناعياً، إذ يرجع تاريخ صناعته إلى ما قبل ٥٠٠٠ سنة. والزجاج فعلاً هو رمل سائل مُبرّد لما يكتسب شكله - لذا تجد ألواح الزجاج العتيقة أثخن قليلاً في قاعدتها. والزجاج مادة مُفيدة جداً لأنه سهل التشكيل إلى أوعية شفافة صلبة، لا يصدأ ولا يتأثر بالكيماويات. وهو أيضاً رخيص التصنيع ويمكن إعادة تدويره مرّات عديدة. ويُستخدم الزجاج على نطاق واسع - من أكواب الشراب إلى عدسات تصحيح الرؤية. ويمكن تغيير خصائصه بإضافة الكيماويات أو مواد أخرى كالأسلاك أو بالتحكم في نمط تبريده.

عملية القوالب

صنع القوارير

تُستخدم قوالب خاصة في تشكيل الزجاج المنصهر إلى أشكال مختلفة. ففي تشكيل القوارير، مثلاً، تُسقط كُمرة من الزجاج المنصهر في قالب التشكيل وتُدفع إلى قعر القالب بالهواء المضغوط. ويُنفخ الهواء صعداً عبر الكُمرة (كتلة الزجاج) لتشكيل القارورة مُبدئياً. ثم تُنقل هذه إلى قالب آخر حيث تُنفخ مُجدداً لتأخذ شكل القارورة النهائي.

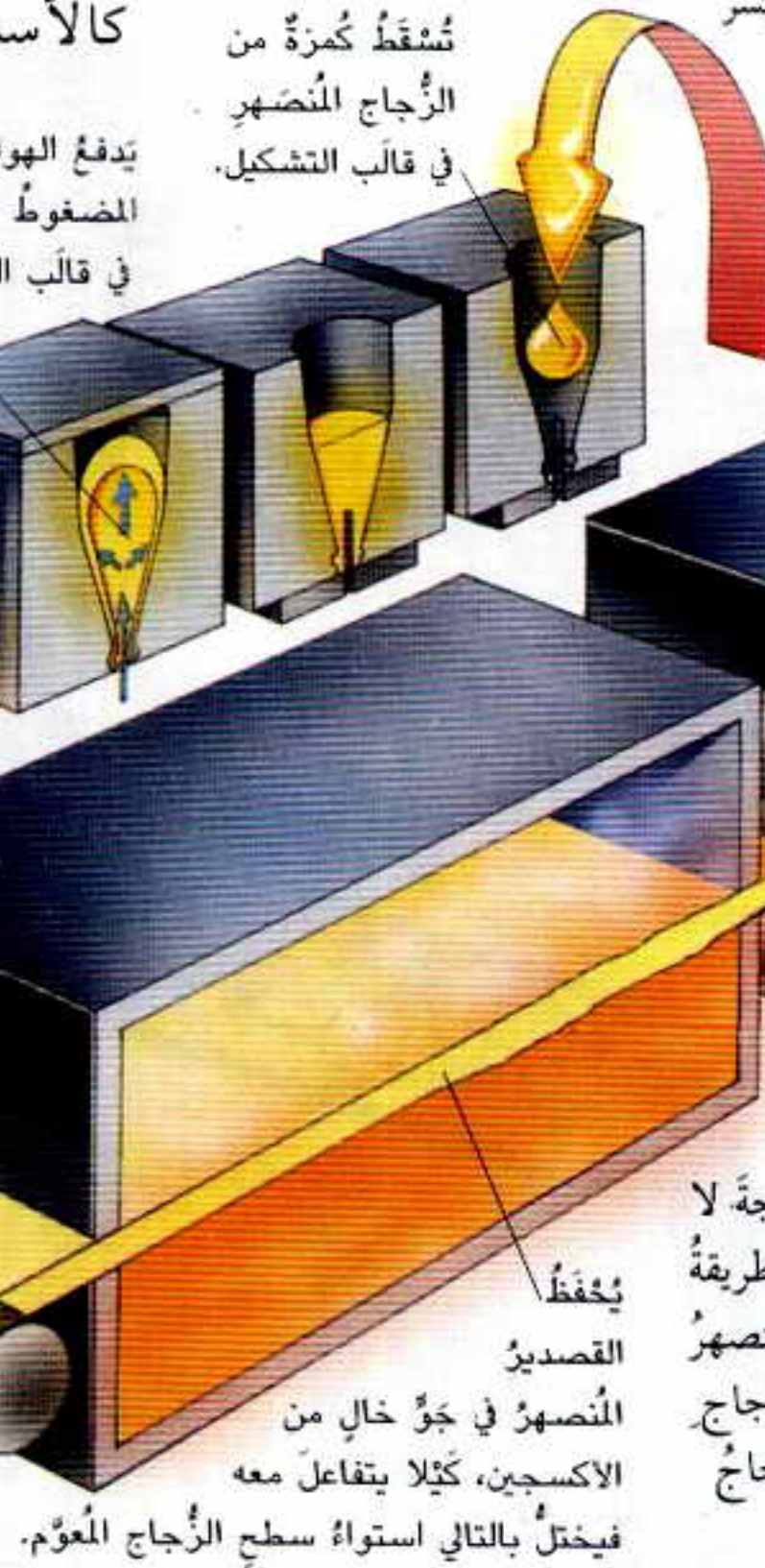
طريقة الزجاج المعوم

لوح متواصل
من الزجاج
المُبرّد.يُقصّر الزجاج
بقطاع ماسي
الرأس إلى أطوال مُعيّنة.يُبرّد
الزجاج
ببطء كيلا ينكسر.
وتُخذة تبريد.

يُضاف أكسيد البورون إلى خامات الزجاج الأولية لصنع زجاج البوروسليكات. ويُستعمل هذا الزجاج في صنع أطباق الأفران وأواني المختبرات الزجاجية لأنه صامد للتغيرات في درجات الحرارة.

لمزيد من المعلومات انظر

- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- أشباه الفلزّات ص ٣٩
- الألياف ص ١٠٧
- تصميم المواد ص ١١١
- الانعكاس ص ١٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

تُسقط كُمرة من
الزجاج المنصهر
في قالب التشكيل.يدفع الهواء
المضغوط الزجاج
في قالب التشكيل.تُرْفَع القارورة
الزجاجية الناجرة
من القالب.

تُستخدم ألياف الزجاج الدقيقة في عزل الصوت والحرارة وفي تقوية اللدائن.

تغيير خصائص الزجاج

الطريقة التي يُعالج بها الزجاج بعد خروجه من الفرن تُغيّر خصائصه فتجعله ملائماً لأغراض مُعيّنة. فالتبريد السريع بنفثات الهواء يُنتج زجاجاً متيناً يصلح لنوافذ السيارات. وبإضافة الكوبلت وأكسيد السليكون يمكن إزالة مسحة الاخضرار من الزجاج الخام.

زجاج لوحيّ معوم

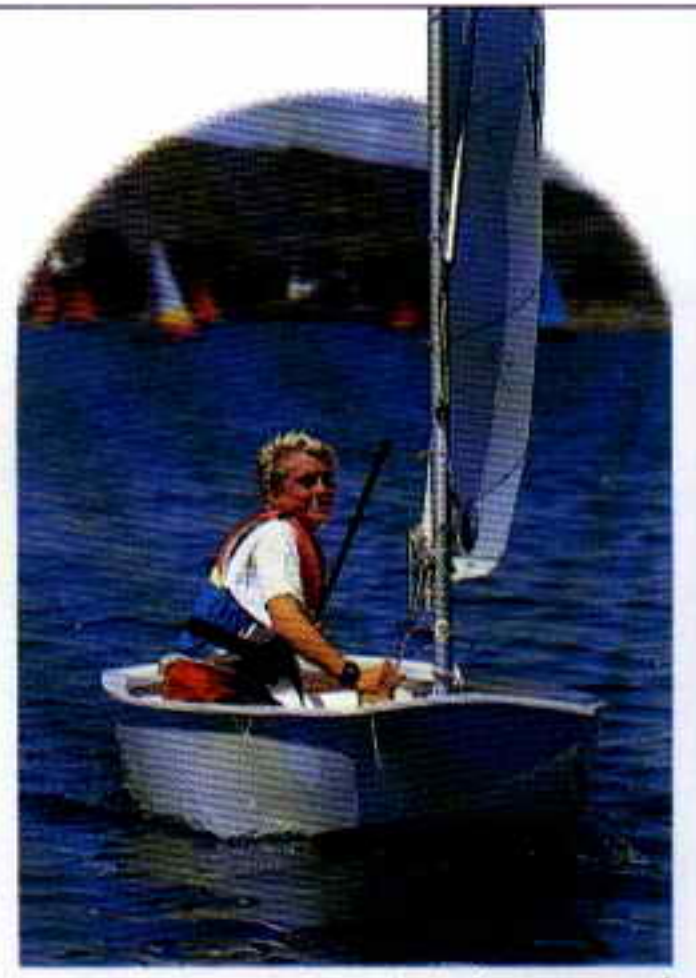
صنع ألواح النوافذ الزجاجية عملية عسيرة جداً. في إحدى طرق التصنيع تُسطح ألواح الزجاج بين دحاريج دوّارة، لكنّ الألواح الناتجة لا تبلغ حد الكمال. لكنّ ذلك يتحقّق بطريقة بارعة هي طريقة الزجاج المعوم. في هذه الطريقة، يُعوم الزجاج المنصهر فوق مغطس من القصدير المنصهر، فيصبح سطح الزجاج ملساً تاماً الاستواء كسطح الفلّزّ تحته. ثم يُنقل الزجاج بواسطة الدحاريج الدوّارة للتبريد والتّقسية.

يتلّون الزجاج بالكيماويات. فكريبتيد السليكون يكسبه الحمرة وأكسيد النحاس يكسبه الزرقة، وتجعله الألومينا والفوسفاتات لَبَنِي اللون.



تصميم المواد

كَمْ يَكُونُ الْعَيْشُ فِي بَيْتِكُمْ مُخْتَلِفًا وَعَسِيرًا لَوْ كَانَ كُلُّ مَا فِيهِ مُصْنُوعًا مِنْ مَادَّةٍ وَاحِدَةٍ كَالْفُولاذ! المعروفُ أَنَّ الْبَيْتَ يَتَطَلَّبُ أَصْنَافًا مُتَعَدِّدَةً مُتَنَوِّعَةً مِنَ الْمَوَادِّ - فإِطَارَاتِ النُوافِذِ مَثَلًا، تُصْنَعُ مِنَ الْخَشَبِ الْمَتِينِ، بَيْنَمَا تُتَّخَذُ مَاطُورَاتُهَا مِنَ الْوَحاحِ الرُّجَاجِ لِإِنْفَاقِ الضَّوئِ وَصَدِّ الْمَطَرِ. وَالْيَوْمَ، قَدْ يُسْتَبَدَلُ بِالْخَشَبِ اللَّدَائِنُ، كَمَا قَدْ تَرَجَّعُ النُوافِذُ بِالْوَاحِ مُزْدَوِجَةٍ لِمَنْعِ سُرُوبِ الْحَرَارَةِ. وَمَا فَتَى النَّاسُ يَبْحَثُونَ عَنْ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَجْعَلُ سُبُلَ الْعَيْشِ أَيْسَرَ وَأَقْلَّ تَكْلِفَةً. وَقَدْ يَتَضَمَّنُ هَذَا السَّعْيُ اسْتِخْدَامَ مَوَادِّ قَدِيمَةٍ بِأَسَالِيبَ جَدِيدَةٍ، أَوْ ضَمَّ مَوَادِّ مُخْتَلِفَةٍ بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ، أَوْ إِجْرَاءَ تَجَارِبَ عَلَى الْكِيمَاوِيَّاتِ لِابْتِكَارِ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ تَمَامًا. وَيَنْبَغِي إِخْضَاعُ كُلِّ مَادَّةٍ أَوْ تَوَلِيفَةٍ مَوَادِّ جَدِيدَةٍ لاختباراتٍ دَقِيقَةٍ شَامِلَةٍ لِلتَّكَاثُفِ مِنْ صِلَاحِيَّتِهَا.



لَدَائِنُ مُعَزَّزَةٌ بِالرُّجَاجِ

تَكْتَسِبُ اللَّدَائِنُ قُوَّةً إِضَافِيَّةً إِذَا عَزَّزَتْ بِالْأَلْيَافِ الرُّجَاجِيَّةِ، وَتُعْرَفُ حِينَئِذٍ بِالرُّجَاجِ اللَّيْفِيِّ. وَيُسْتَعْمَلُ هَذَا الرُّجَاجُ فِي بِنَاءِ الْقَوَارِبِ وَغَيْرِهَا مِنَ التَّجْهِيزَاتِ، وَهُوَ مِثْلُ عَلَى مَادَّةٍ مُؤَلَّفَةٍ تَجْتَمِعُ فِيهَا مَادَّتَانِ شَائِعَتَانِ.

يَتَأَلَّفُ مِثْلُ السَّائِلِ (الْقَمَرِ الصَّنَاعِيِّ) مِنْ قَلْبٍ لَدَائِنِيٍّ أَوْ مَعْدِنِيٍّ نُحْرُوبِيٍّ الْبِنْيَةِ مُصَفَّحًا مِنَ الْجَانِبَيْنِ بِالْوَاحِ لَدَائِنِيَّةٍ مُعَزَّزَةٍ بِالْأَلْيَافِ كَرْبُونِيَّةٍ مُغْرَاةٍ بِلُصُوقَاتٍ مَتِينَةٍ.

تُلصَقُ اللَّدَائِنَةُ الْغِطَائِيَّةُ عَلَى هَذَا الْجَانِبِ مِنَ الْغِشَاءِ الْغُرَائِي.

غِشَاءٌ غُرَائِي

قَلْبٌ مَعْدِنِيٌّ (فِلِزِّيٌّ) أَوْ لَدَائِنِيٌّ نُحْرُوبِيٌّ الْبِنْيَةِ.

مَوَادُّ السَّوَاتِلِ

لِكَيْ تَحْتَمِلَ السَّوَاتِلُ ظُرُوفَ الْقَذْفِ وَالانْطِلَاقِ الْقَاسِيَةِ إِلَى الْفَضَاءِ وَفِيهِ، يَنْبَغِي أَنْ تُبْنَى مِنْ مَوَادِّ خَاصَّةٍ أَكْثَرَ مَرُونَةٍ وَمَتَانَةٍ مِنَ الْخَشَبِ أَوْ الْمَعْدَنِ. لِذَا تُصْنَعُ السَّوَاتِلُ مِنْ مَوَادِّ مُطَوَّرَةٍ خَفِيفَةٍ لِذَلِكَ - خَفِيفَةٍ لِتَيْسِيرِ الانْطِلَاقِ مِنَ الْأَرْضِ، وَمَتِينَةٍ لِتَحْتَمِلَ الْإِجْهَادَاتِ وَالانْفِعَالَاتِ الَّتِي تُجَاوِزُ السَّوَاتِلُ فِي مَدَارَاتِهَا حَوْلَ الْأَرْضِ.

رَضْدُ النُّجُومِ

تُسْتَعْمَلُ التِّلِسْكُوبَاتُ الْعَمَلَقَةُ لِاسْتِكْشَافِ أَجْوَافِ الْفَضَاءِ الرَّحِيبِ. وَمِنْ أَهَمِّ مَقَوِّمَاتِ التِّلِسْكُوبِ الْمِرَاةُ الضَّخْمَةُ اللَّازِمَةُ لِتَكْوِينِ صُورَةٍ وَاضِحَةٍ يَسْتَطِيعُ عُلَمَاءُ الْفَلَكِ رُؤْيُهَا مُفَضَّلَةً. وَتُصْنَعُ أَمْثَالُ هَذِهِ الْمِرَاةِ مِنْ رُّجَاجٍ خَزَفِيٍّ مَتِينٍ لَا يَتَهَشَّمُ بِثِقَلِ الْمِرَاةِ كَمَا لَا يَتَأَثَّرُ شَكْلُهُ بِتَغْيِيرِ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ.



مَوَادُّ لِإِنْفَاقِ الْحَيَاةِ

مِنْ أَهَمِّ إِنْجَازَاتِ الطَّبِّ الْحَدِيثِ إِمْكَانِيَّةُ تَعْوِضِ الْكَثِيرِ مِنْ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ الْعَلِيلَةِ أَوْ الْمَعْطُوبَةِ بِبَدَائِلٍ اصْطِنَاعِيَّةَةٍ. فَتُسْتَعْمَلُ السَّبَانُوكُ الْفِلِزِّيَّةُ فِي صُنْعِ صَفَانِحِ الْقِخْفِ، وَالْمُؤْتَلَفَاتُ الْفِلِزِّيَّةُ اللَّدَائِنِيَّةُ فِي صُنْعِ مَفَاصِلِ الْحَوَاضِ الْاصْطِنَاعِيَّةِ، وَالْأَلْيَافُ النَّسِيجِيَّةُ فِي صُنْعِ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. وَتَجْرِي حَالِيًا تَجَارِبٌ عَلَى الْقُلُوبِ الْاصْطِنَاعِيَّةِ مِنَ اللَّدَائِنِ الْأَلُومِينِيَّةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

خَصَائِصُ الْمَادَّةِ ص ٢٢

السَّبَانُوكُ ص ٨٨

الْأَلْيَافُ ص ١٠٧ - الْوَرَقُ ص ١٠٨

الْخَزَفِيَّاتُ ص ١٠٩

الرُّجَاجُ ص ١١٠

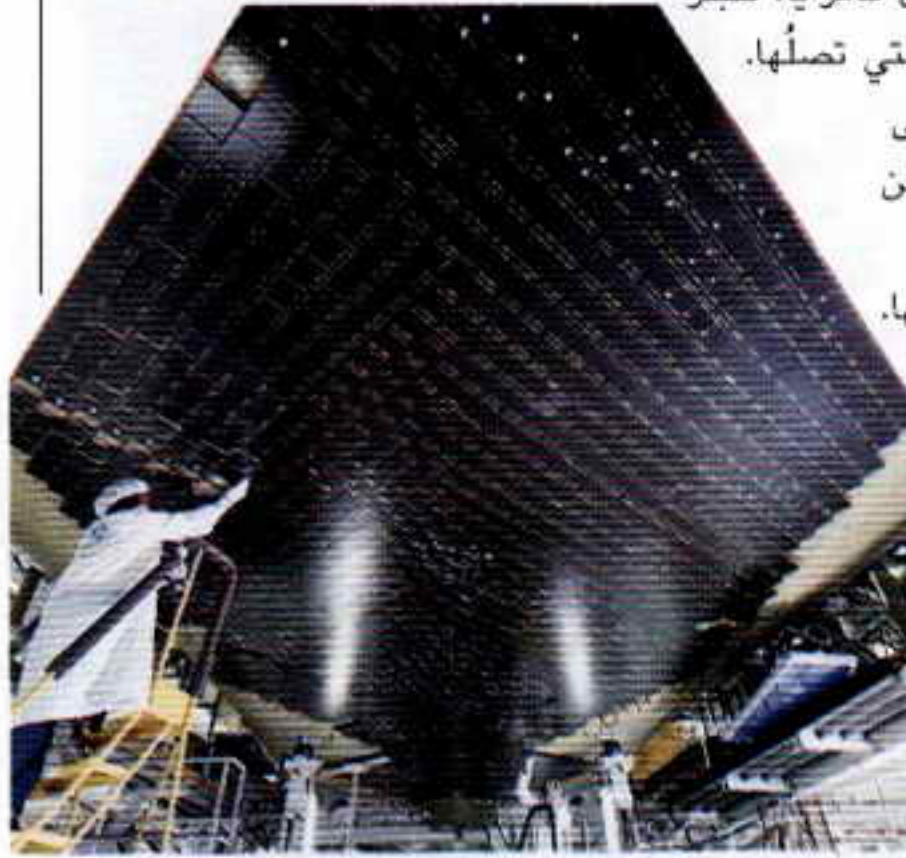
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٠٦



الْهَوَائِيَّاتُ الْعَدِيدَةُ

تَعْمَلُ كَالْمَرَايَا، فَتُبَيِّنُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي تَصِلُهَا. وَهَكَذَا تَتَلَقَّى الْإِشَارَاتِ مِنَ الْأَرْضِ أَوْ تَرْسِلُهَا إِلَيْهَا.

الْهَوَائِي



مَوَادُّ مُقَاوِمَةٌ لِلْحَرَارَةِ

تُسْتَطِيعُ السَّبَانُوكُ الْخَزَفِيَّةُ الْفِلِزِّيَّةُ (السَّرْمَتُ) الصَّمُودُ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْعَالِيَةِ جِدًّا. وَمِنْ تِلْكَ السَّبَانُوكِ تُصْنَعُ أَرْيَاشُ الثَّرِبِينَاتِ الثَّقِيلَةِ وَمَنَافِثُ الصَّوَارِيخِ الَّتِي تَرْتَفِعُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهَا ارْتِفَاعًا مُذْهِلًا أثنَاءَ الْعَمَلِ. وَيُعْزَلُ الْمَكُونُ الْفَضَائِيُّ بِأَلْفِ أَجْرٍ السَّرْمَتِ لِمَقَاوِمَةِ حَرَارَةِ الْإِحْتِكَالِ النَّاتِجَةِ خِلَالَ عَوْدَتِهِ إِلَى جَوْ الْأَرْضِ.



التلوث الصناعي

التلوث هو النتيجة الطبيعية لاستعمالنا أنواعاً مختلفة من المواد التي تبتعث إلى المحيط الذي نعيش فيه ملوثات تُضر بالكائنات الحية وبمختلف البنى والإنشاءات. حتى قرابة مئتي عام خلت ظل التلوث البيئي قليلاً ومحدوداً لأن عدد السكان كان أقل وكان استخدام الناس في غالبيته مقصوراً على المواد الطبيعية. فكانت فضلاتهم تتفكك وتحلل بفعل ميكروبات التربة. أما اليوم فالمصانع والسيارات والكثير من المكنات ومحطات القدرة تشوّه البيئة بملوثاتها، كما إن بعض نفاياتنا وفضلاتنا غير قابلة للتفكك، وهي تلوث اليابسة والماء والهواء. ويحاول خبراء الصناعة حالياً الحد من التلوث الذي تسببه الصناعات المختلفة.



طبقة الأوزون

الغازات الكربونية المهلجنة بالكلور والفلور والتي تُستخدم في المبرّدات ووسائل التبريد تُثَلِّف طبقة الأوزون عندما تتسرّب إلى أعالي الجو. ويجري حالياً استبدال ثاني أكسيد الكربون والغازات الهيدروكربونية المناسبة، التي لا تؤثر في طبقة الأوزون، بتلك الغازات المهلجنة.

يمكن تخفيض كميات ثاني أكسيد الكبريت في الأدخنة باستخدام وقود خالٍ من الكبريت، أو برش الدخان بالماء قبل أن يترك المدخنة.

أشكال من التلوث

يتخذ التلوث أو التلويث الصناعي أشكالاً عديدة: فاستخراج المواد الأولية من الأرض يُثَلِّف مواطن التلوث والحيوان ويترك حفراً هائلة. وتؤلف أكوام النفايات الصناعية الجامدة تلالاً لا تحلو للناظرين. وقد تنتج أدخنة المصانع حوامض في الشُحُب ومطرًا حامضياً مضرًا بالنبت أو تمتاز مع غازات العوادم من وسائل النقل ناشرة الضخان (الضباب الدخاني) فوق المَدُن. وقد تحوي المياه المنصرفة من المصانع فضلات تسمم الأحياء المائية. ولا ننسى بقع الزيت الضخمة على صفحة مياه البحر عند تعرّض البواخر أو ناقلات الزيت للحوادث.

صورة مُضطّعة التلوين تُبيّن فقدان الحرارة في مبنى متعدد الطوابق.



تغطية المناظر المؤذية

تمتلئ المكبات القريبة من المَدُن بالنفايات التي تُخزّن فوق صفائح من البوليثين للتحكم في تصريف المياه. أما الميثان الناتج عن تفكك النفايات كيميائياً فيُجمّع في أنابيب ويُستخدم كوقود. وعندما يمتلئ المكب، تُغطى النفايات بالتراب وتغرس بالنباتات المناسبة لخلق مواطن جديدة للحيوانات.

جسيمات الأدخنة الصلبة يمكن إزالتها في المداخل بواسطة مرشّح الإلكترونيات، حيث تتجمّع الجسيمات على الجدران الداخلية للمدخنة.

استخدام البنزين غير المرصص، يُخفض تلوث البيئة بالرصاص.

حفظ الحرارة

إذا بُدّدت الحرارة في المباني، فينبغي تعويضها بحرق كميات أكثر من الوقود، وهذا يكلف مالا ويسبب مزيداً من التلوث. ويمكن الكشف عن فقدان الطاقة الحرارية من مَصْنَع أو مَبْنَى بتصويره بالأشعة تحت الحمراء، حيث تظهر على الصورة المناطق الأكثر فقداً للحرارة باللون الأبيض. إن معالجة هذه المناطق باستخدام عزل إضافي يُحدّ من فقد الحرارة.



إعادة تدوير المواد

تُستهلك مواد أولية أقل إذا أُعيد تدوير المواد في النفايات - وهكذا، تُصان المواد الأولية لاستخدامها في مراحل مستقبلية، كما يُخفّض التلوث وتوفّر الطاقة. فباستخدام المواد المُعادّة التدوير في صنع علب الألومنيوم مثلاً، يُوفّر ٩٥ بالمئة من الطاقة ويخفّض أيضاً ٩٥ بالمئة من التلوث.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الهواء ص ٧٤
- صناعة الكيماويات ص ٨٢
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٦

القوى والطاقة

كُلُّ ما يحدث، مِنْ بَرِقِ البرقِ إلى شِدِّ شَرِيطِ الحِذاءِ، يَتَطَلَّبُ طَاقَةً؛ فَيَدُونِ الطاقةَ لا شَيءٌ يَسْتَطِيعُ العِيشَ أو الحَركةَ. الحَيَواناتُ تَسْتَخْدمُ الطَاقَةَ في السَّيرِ والركُضِ، والنباتاتُ تَسْتَخْدمُها في النُموِّ. الرِّيحُ بالطَّاقَةِ تَهْبُّ، والأمواجُ بِها تَمُوجُ عَبرَ المَحيطِ، والسيَّارةُ تَسِيرُ بالطَّاقَةَ المُخْتَزَنَةَ في وَقُودِها. لَكِنَّ كُلَّ هَذهِ الأشياءِ ما كانت تَتِمُّ في غِيابِ قُوَى فاعِلةٍ، فَاستِخدامُ الطَاقَةِ يَنطوي دَوماً على قُوَى بِشَكلٍ أو بآخر. فَالقُوَى ضروريَّةٌ لِبَدءِ حَركةِ الأشياءِ، أو لِتَغييرِ نَمَطِ حَركَتِها، أو لِوَقْفِها عَنِ الحَركةِ. وبِالقُوَى أَيْضاً تُفَتَّتُ الأشياءُ أو يُشَدُّ بَعْضُها إلى بَعْضٍ. فَيَدُونِ القُوَى والطَّاقَةُ لا يُمكنُ أَنْ يَحدُثَ أيُّ شَيءٍ في الكَوْنِ.



طاقة من الشمس

تُوفِّرُ الشَّمْسُ مُعْظَمَ الطَّاقَةِ الَّتِي نَحْتَاجُ إليها بالضَّوءِ الَّذِي تَشِعُّه. ففِي سَاعَةٍ واحِدَةٍ يَصِلُ الأرضُ مِنَ الطَّاقَةِ الشَّمْسيَّةِ أَكْثَرَ ممَّا تَسْتَهْلِكُها البَشَرِيَّةُ جَمْعاً في سَنَةٍ كامِةٍ. أمَّا النَباتاتُ، كَدَوَّارِ الشَّمْسِ أعلاه، فَتَحْتَاجُ الطَّاقَةَ الشَّمْسيَّةَ لِتَنمو، وَهي تَخْزِنُ بَعْضاً مِنْها كطَاقَةٍ كِماوِيَّةٍ. والحَيَوانُ الَّذِي يَأْكُلُ تلكَ النَباتاتِ يَستَخدِمُ تلكَ الطَّاقَةَ المُخْتَزَنَةَ.

استخدام الرياح

يَنطوي رُكُوبُ الأمواجِ الشَّراعيِّ على اسْتِخدامِ القُوَى والطَّاقَةِ بِبَراعةٍ. فَيَستَخدِمُ رَاكِبُو الأمواجِ طَاقَتَهُمُ الجَسَديَّةَ لِلتَّحَكُّمِ بِاللُّوحِ والفَقْرِ فَوْقَ الأمواجِ، بَينما تُولِّدُ طَاقَةُ الرِّيحِ القُوَّةَ الَّتِي تَدْفَعُهُمْ قُدْماً. وَإِذا تَجاوَزَتِ هَذهِ القُوَّةُ حَدَّها في أيِّ اتِّجاهٍ يَخْتَلُّ تَوازُنُ اللُّوحِ فَيَنقَلِبُ بِرَاكِبه. لِذلكَ يَبْذُلُ رَاكِبُ الأمواجِ قُوَّةً ضِدَّ اتِّجاهِ هُبُوبِ الرِّيحِ تَمَكُّنُهُ مِنْ حِفْظِ تَوازُنِهِ وإِبقاءِ الشَّراعِ مُتَّصِلاً.

تُؤثِّرُ القُوَى في كُلِّ شَيءٍ حَتَّى في الجُسيماتِ الدَّقِيقَةِ المِجهرِيَّةِ.



القوى في المباني

مُشَيِّدو الأبنية يَأخُذونَ في الحِسابِ ضرورةَ صُمُودِها لِلقُوَى الكَبِيرةِ الَّتِي قَدْ تَعَرَّضُ لَها كَيْلًا تَنهارُ. فَهَذا السَّقْفُ، في إِحدى مَحَطَّاتِ مَطارِ جَدَّةَ بِالمَمْلَكَةِ العَرَبِيَّةِ السُّعُودِيَّةِ، مَصنُوعٌ مِنْ رُجَاجٍ لِيَفِي أَمَنَتَينِ مِنَ الفُولادِ، تَمُظِّلُهُ القُوَى المُشْكَلةُ بِأنماطٍ فَرِيدَةٍ.



في الفضاء

تَعمَلُ القُوَى والطَّاقَةُ على نِطاقٍ واسِعٍ في الفِضاءِ. فَالنَجومُ تَسطَعُ بِما تَشِعُّه مِنْ طَاقَةِ حَراريَّةٍ وَضوئيَّةٍ. وَيَبقى جَوُّ النَجمِ حَوائِجَ بِقُوَّةِ الجاذبيَّةِ - وَهي القُوَّةُ ذاتُها الَّتِي تَجْذِبُ الأجسامَ إلى الأرضِ.



أضواء الليل

الكَهْرَباءُ شَكلُ مِنْ أَشْكالِ الطَّاقَةِ يُولِّدُ في مَحَطَّاتِ قُدْرَةٍ ضَخْمةٍ، وَيُنْقَلُ بِالكَبَلاتِ عَبرَ مَسافاتٍ طَوِيلَةٍ إلى المَنازلِ والمَكانِيبِ والمِصانِعِ. وَبِكَبَسَةِ زَرٍّ مِقلَديٍّ تَتَحَوَّلُ هَذهِ الطَّاقَةُ بِسُهُولَةٍ إلى طَاقَةِ حَراريَّةٍ أو ضوئيَّةٍ أو إلى قُدْرَةٍ مِكانِيكِيَّةٍ.

القوى دُونَ الذرِّيَّة

تُؤثِّرُ القُوَى في الجُسيماتِ الدَّقِيقَةِ كما في الأجسامِ الضَّخْمةِ. فَالقُوَى المؤثِّرةُ داخِلَ نَوَى الذَّرَّاتِ هِيَ أَشَدُّ القُوَى، وَهي القُوَى الَّتِي تَتحرَّرُ طَاقَتُها في انفِجارٍ قَبْلَ نَوِيَّةٍ.

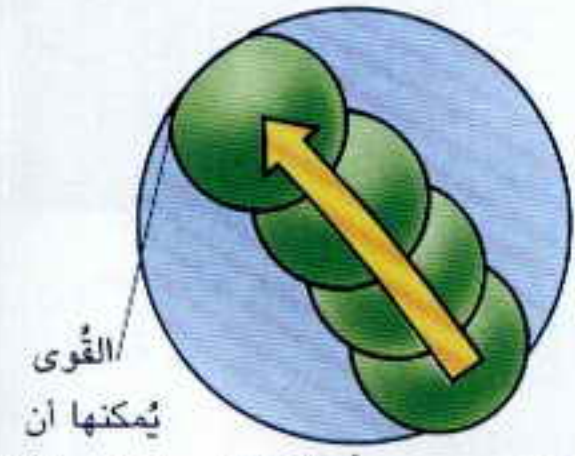
القوى

القوى في الطيران

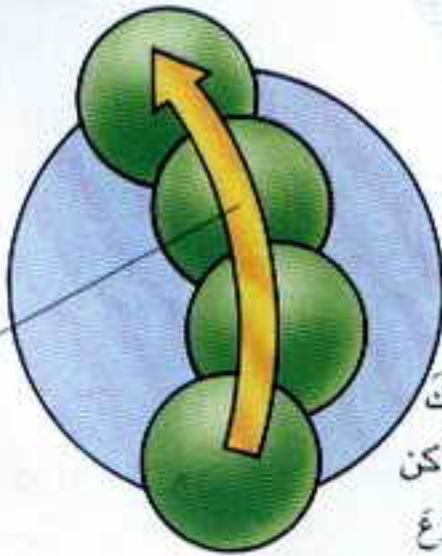
تؤثر على الطائرة أثناء الطيران قوى أربع. فالمحرك يُولد قوة الدفع إلى الأمام، والجناح يُولد قوة الرفع صُعدًا، وقوة الجاذبية الأرضية تُشدُّ الطائرة إلى أسفل، بينما تعيق مقاومة الهواء سيرَ الطائرة بقوة ردِّ الفعل الناتجة عن اندفاعها فيه.



تُحيط بنا القوى من كلِّ جانب؛ والقوة دفع أو شدُّ يؤثر في الجسم. فالريخ تبذل قوة حين تهبُّ، والجاذبية الأرضية قوة تجذب الأشياء نحو مركز الأرض فتكسبها أوزانها. والحيوانات والمكينات أيضًا تؤثر بقوى مختلفة. فعندما تثبُّ جندبة من سطح ورقة نبات، تضغط ساقها بقوة صغيرة عليها. والمكينات تُستخدم لتوليد قوى ضخمة، فالمحرك النفّاث يُولد قوة أكبر بملايين المرات من القوة التي تحدثها وثبة الجندبة.



القوى
يمكنها أن
توقف الأجسام المتحركة
أو تُبطئ سرعتها.

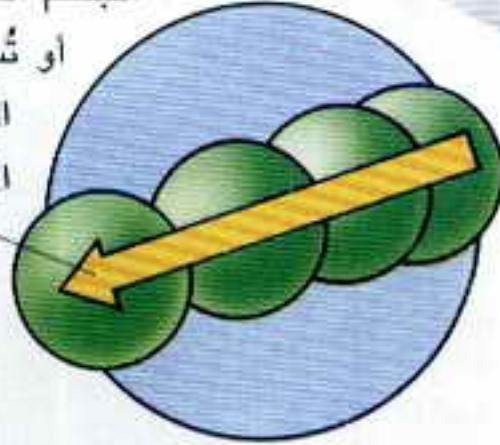


القوى يمكنها
أن تُغيّر اتجاه
الجسم المتحرك.



القوى يمكنها أن
تجعل الجسم
المتحرك يرنّ.

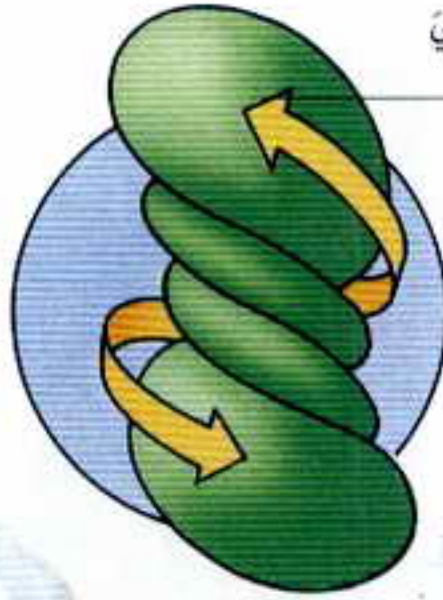
القوى يمكنها أن تحرك
الجسم الساكن
أو تُسرّع
الجسم
المتحرك.



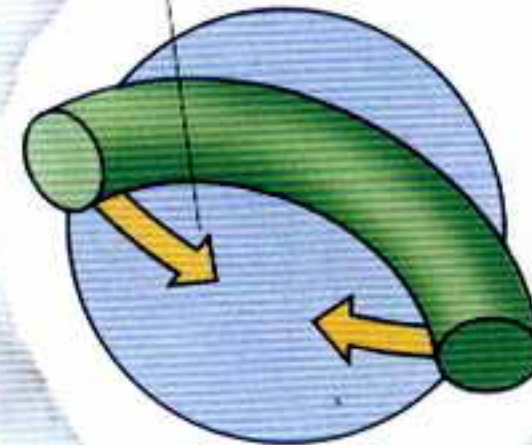
القوى يمكنها أن
تجعل الجسم يغوص
أو يطفو في سائل.



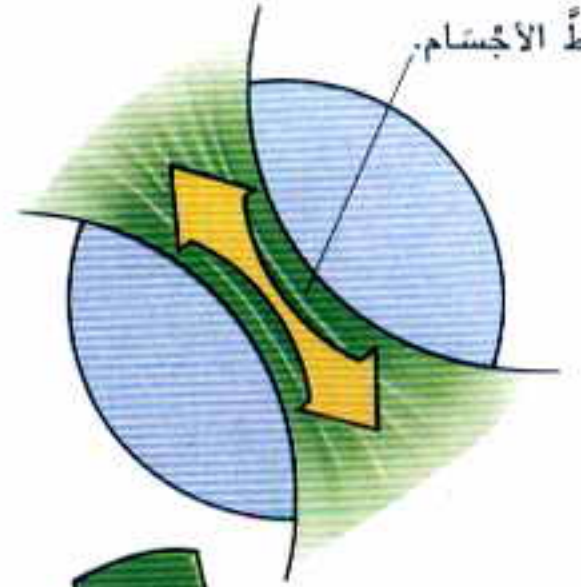
قوى الازدواج
يمكنها أن تلوي
أو تقفل المواد.



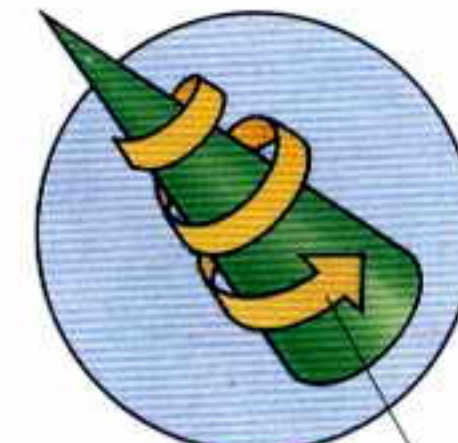
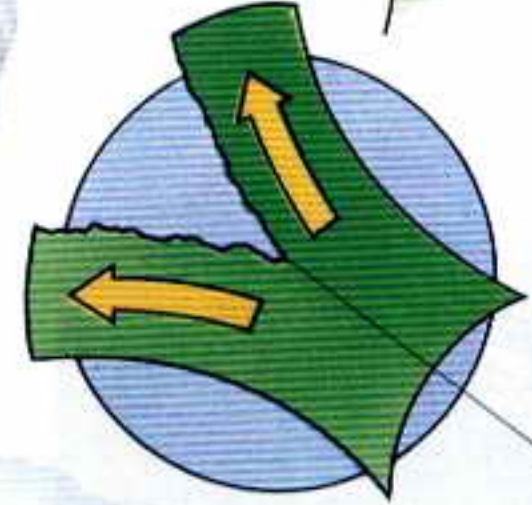
القوى المزدوجة
يمكنها أن تثني الجسم.



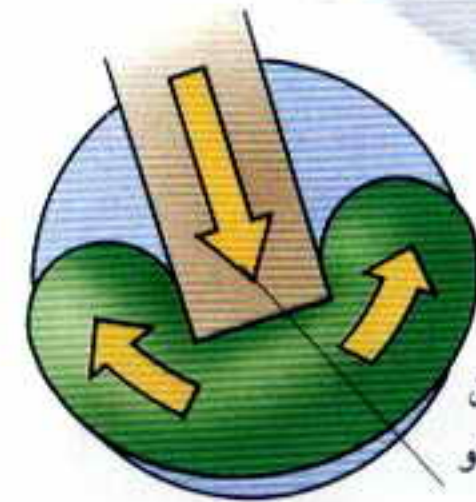
القوى يمكنها أن
تمط الأجسام.



القوى
يمكنها أن
تمزق
الأشياء.



قوى الازدواج يمكنها أن
تجعل الجسم يبرم أو يدور.



القوى يمكنها أن
تهزّ الجسم أو
تشوّهه.

تأثيرات القوى

أربعة أشياء رئيسية قد تحدث إذا ما دفعت قوة جسمًا أو شدته. فالجسم الساكن قد يبدأ بالتحرك، والجسم المتحرك قد تتغير سرعته أو يتغير اتجاهه، أو قد يتغير شكل الجسم أو حجمه بذلك. وكلما ازدادت القوة يزداد تأثيرها.

قوى الطبيعة

بعض أحوال الطقس تولّد قوى عظيمة. فالأعاصير الدوامية قد تحدث دمارًا هائلًا، والضخم منها قد يقذف عاليًا في الجو كل ما يعترض طريقه، من سيارات وأبنية وأشجار ثم يسقطها لتتحطم على بُعد مئات الأمتار من مواقعها الأصلية. والإعصار الدوامي الأكثر تدميرًا هو المسجل عام ١٩٢٥ في الولايات المتحدة الأمريكية حيث قُتل مئآت الأشخاص ودمرت المباني وقُلبت السيارات واقتلعت الأشجار بعرض ٣٠٠ متر على مدى مساره الشاسع.



مَجالاتُ القوة

مَجَالُ القوة هو المنطقة التي يُشعر بتأثيرها فيها؛ وتزداد شدة المجال بالاقتراب من مصدر القوة، كمغناطيس مثلاً. فإذا نثرت برادة الحديد على صفيحة ورق موضوعة فوق قضيب مغناطيسي، تراها تتجمع بموازاة خطوط القوة في المجال المغناطيسي. وتُبين هذه الخطوط نسق انتشار مجال القوة حول المغناطيس.

عبد السلام



في العام ١٩٧٩، أصبح العالم الباكستاني، عبد السلام، (المولود عام ١٩٢٦) أول شخص من بلاده ينال جائزة نوبل. كان عبد السلام يرغب في أن ينال وظيفة حكومية، لكن القدر أراد له غير ذلك إذ حصل عبد السلام على منحة لدراسة الفيزياء في جامعة كيمبردج، بإنجلترا. وهناك طوّر نظرية القوة الكهرومغناطيسية. وقد تبيّن صحة آرائه في المختبر الأوروبي للأبحاث (سيرن)، بالقرب من جنيف، سويسرا، عام ١٩٧٣.

الطاقة الحرارية والضوئية المنبعثة من الشمس مصدرها القوى النووية في ذراتها.

لوحات الساتل الشمسية تولّد الكهرباء من ضوء الشمس.

الجاذبية قوة بعيدة المدى؛ فالجاذبية الأرضية تمتد أثرها بعيداً في الفضاء بحيث تبقى السواتل في مداراتها.

القوى الأساسية

القوى الأساسية هي الجاذبية والكهربائية والمغناطيسية ونوعان من القوة النووية دُعيا الواهنة والقوية؛ وجميع ما تبقى من القوى مُستمدٌ بشكلٍ أو بآخر من هذه القوى الأساسية. في العام ١٩٧٩، نال جائزة نوبل للفيزياء كلٌّ من شيلدن جلاشو وستيفن واينبرغ وعبد السلام لبرهنتهم أن القوى المغناطيسية والكهربائية والنووية الواهنة هي في الحقيقة مظاهر لقوة واحدة هي القوة الكهرومغناطيسية. ويحاول العلماء حالياً برهنة النظرية الموحدة العظمى (ن م ع) القائلة بوجود علاقة تربط بين الجاذبية والقوة النووية القوية وبين القوة الكهرومغناطيسية.

قوى التماس والتلاصق

تنتج بعض القوى فقط عندما يمس جسم جسم آخر، وتعرف هذه القوى بقوى التماس أو التماس. وهناك قوى أخرى تفعل أو تؤثر دونما تماس. فالمغناطيس مثلاً، يستطيع جذب قطعة من الحديد دون أن يلمسها؛ وتعرف هذه القوى بقوى التلاصق.

الأرض مغناطيس ضخم، تجعل قوته إبرة البوصلة تتخذ اتجاهها نحو الشمال أينما كان على سطحها.

بازدياد القوة المسلطة على الكرة، تزداد المسافة التي تقطعها الكرة.

الكهربائية الساكنة في المسطرة تجعل قطع الورق النسيجي الصغيرة تقف نحو المسطرة وتعلق بها.

القوى الكهربائية

تُشحن المسطرة اللدائنية بالكهربائية الساكنة إذا دلكت بقميص من الصوف أو الفانيلا. وهذه الكهرباء تجعل المسطرة تجذب قطعاً ورقية صغيرة نحوها بدون أن تلمسها.

الخبط بالقوة

التماس الجيد ضروري عندما يخبط اللاعب كرة البليارد بعصاه. فقوة دفع العصا تسلط قوة تلامس الكرة فتحرّكها. وإذا ارتطمت الكرة المتحركة بكررة أخرى ساكنة، فإن صدمة التماس تحرّك الكرة الثانية.

القوة المرنة

في القفز العالي بالزانة (أو العصا الطويلة)، يستعين اللاعب بمرونة عصاه. فهو يثبت طرف الزانة في الأرض ثم يثني الطرف الآخر بقوة سفلاً وهو يقفز. وبعودة استقامة الزانة تسلط بمرونتها قوة دفع على اللاعب تمكنه من القفز عالياً. والتلامس حاصل هنا طبعاً بين اللاعب وعصاه!

لمزيد من المعلومات انظر

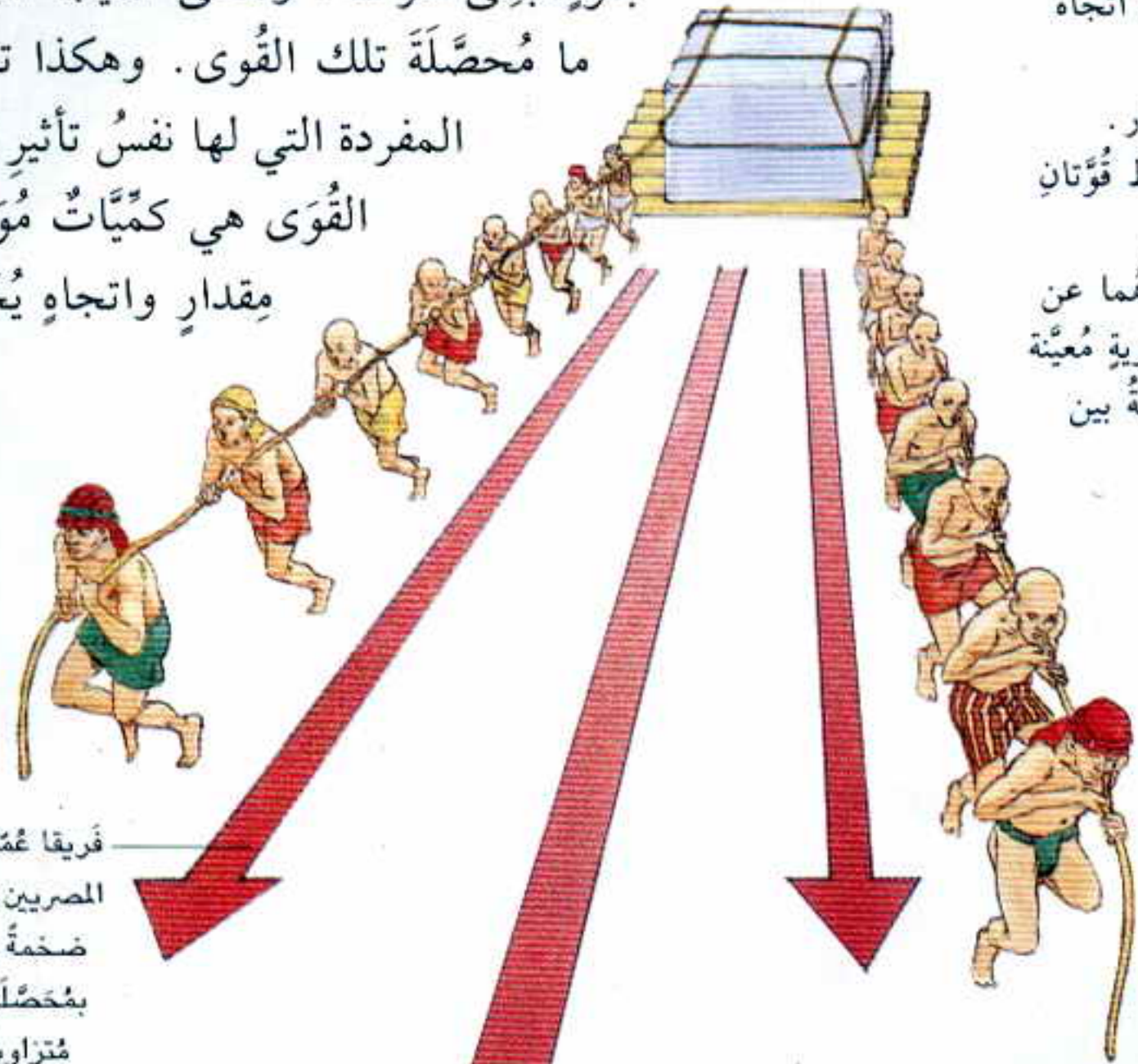
- القوى والحركة ص ١٢٠
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- المغناطيسية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الأعاصير الدوامية ص ٢٥٩

جَمْعُ الْقَوَى وَمَحْصَلَاتُهَا

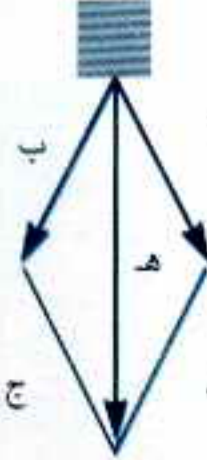
الكثير من الأجسام يؤثر فيها أكثر من قوة واحدة. فوزن اليخت مثلاً، قوة تشدّه إلى أسفل فيما يدفعه الماء إلى أعلى بقوة مُعَادِلَةٍ تمنعه من الغرق. وتهبُّ الرِّيحُ على الأشرعة فتدفعُ اليختَ بقوة عبْرَ الماء، لكنَّ الماءَ يضادُّ حركةَ المركب بقوة تبطئ سرعته. وتدعى النتيجة الإجمالية لتأثير قوتين أو أكثر في جسم ما مُحَصَّلَةً تلك القوى. وهكذا تعرفُ مُحَصَّلَةً قوتين بأنَّها القوة المفردة التي لها نفس تأثير القوتين معاً. وجدير بالذكر أنَّ القوى هي كمّيات مُوجَّهة؛ والكمّية المُوجَّهة ذات مقدار واتجاه يُحدِّدانهما.

المُحَصَّلَة

لإيجاد مُحَصَّلَةٍ قَوَى مُتَعَدِّدَةٍ يتوجَّب أخذُ اتجاه ومقدار كلٍّ منها بالاعتبار. وعندما تُسلَّط قوتان على الجسم وتميل إحداهما عن الأخرى بزاوية مُعَيَّنة تقع المُحَصَّلَة بين القوتين.



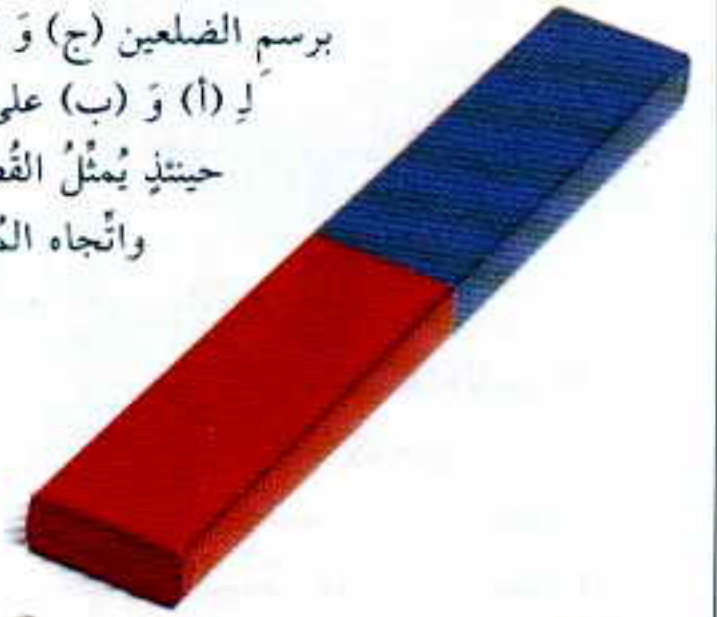
فريقاً غمالي من قداماء المصريين يجزّون كتلة ضخمة من الصخر بمُحَصَّلَةٍ قَوَتَيْن مُتَزاوِيَتَيْن.



المُحَصَّلَة تُجرُّ الكتلة إلى الامام.

مُتَزاوِي القَوَى

إذا أثرت قوتان في جسم باتجاهين مختلفين، وبزاوية مُعَيَّنة بينهما، يُمكننا إيجاد مُحَصَّلَتَيْهِمَا برسم مُتَزاوِي أضلاع يُمثِّلُ الضلعان (أ) و (ب) فيه مقدار واتجاه القوتين. ثم نكمل المُتَزاوِي برسم الضلعين (ج) و (د) مُتَزاوِيَيْن لـ (أ) و (ب) على التوالي. حينئذٍ يُمثِّلُ القطر (هـ) مقدار واتجاه المُحَصَّلَة.



عندما يجذب قضيبا المغنطيس الكُرَيَاتُ الفولاذيّة بقوَّتَيْن مُتساوِيَتَيْن ومُتضادَّتَيْن، تبقى الكُرَيَاتُ ساكنة في مواقعها ولا تتحرّك نحو أيٍّ من المغنطيسَيْن.



القوى المُتساوية المُتضادة

عندما تُشدُّ القَوَى في اتجاه واحد فُمُحَصَّلَتُهَا هي مَجْموعُهَا. فإذا عَمِلَتْ قاطرتان معاً على جرِّ قطار في الاتجاه نفسه، فإنَّ قوَّتَيْهِمَا تتضامان، وتكون المُحَصَّلَة ضِعْفَ قوَّة القاطرة الواحدة.

القوى المُتساوية المُتضادة

إذا سلَّطت قوتان على جسم في اتجاهين مُتضادَّين فُمُحَصَّلَتُهُمَا هي الفَرْقُ بينهما وتؤثّر في اتجاه القوة الأكبر. وإذا كانت القوتان مُتساوِيَتَيْن، فإنَّهما تتعادلان - أي تُعادلُ إحداهما الأخرى، وتكون المُحَصَّلَة صِفْراً، فلا يتحرّك الجسم.



رَفْعُ الأثقال

إذا أثرت قوتان مُخْتَلِفَتَا المقدار في جسم في اتجاهين مُتضادَّين، فاتجاه المُحَصَّلَة هو اتجاه القوة الأكبر. لذلك يُجهِّدُ رافعُ الأثقال في بذل قوَّة رفع قُصوى على الثقل المراد رفعه، في حين يشدُّ الثقل بوزنه إلى أسفل. إنَّ على رافع الأثقال أن يبذل قوَّة رفع أكبر من وزن الثقل كي يستطيع رفعه. أمّا إذا كان وزن الثقل هو الأكبر فإنَّ الثقل سيسقط مُرتدّاً إلى الأرض.

لمزيد من المعلومات انظر

القوى ص ١١٤
القوى في الموائع ص ١٢٨
الظنن والغطس ص ١٢٩
المغنطيسية ص ١٥٤
حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

القوى المتوازنة

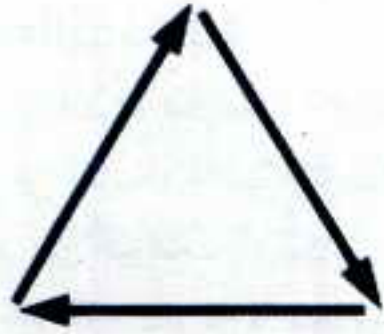


إذا سُلِّطَتْ قُوَّةٌ على جِسْمٍ ولم يحدث شيء، فهذا يعني أنَّ القُوَّةَ المسلَّطةَ توازنُها قُوَّةٌ أخرى. ففي لعبة شدِّ الحبل مثلاً، قد يشدُّ كُلُّ من الفريقين بجهدٍ وقُوَّةٍ بالغين والحبلُ باقي في موضعه. ذلك لأنَّ قُوَي الفريقين مُتعادلة؛ فهما يشدان في اتجاهين مُتضادين بقُوَي مُتساوية، بحيث يكون الناتج الإجمالي لقُوَي الفريقين مُحَصَّلة صِفْريَّة. فنقول إنَّ الحبلَ أو الجِسْمَ في حالة توازن. وحين تجلس أنت على كرسي، فإنَّك تضغطُ عليه إلى أسفل بقُوَّة تُعادلُ وَزْنَكَ. وإذا لم يتقوَّض الكرسي، فذلك لأنَّه يدفعُ إلى أعلى بقُوَّةٍ مساوية لوزنك.



إذا انقطع أحد حبال الخيمة، يَحْتَطُّ التَّوْازُنُ وتنهارُ الخيمة.

شدُّ الحبال في الخيمة
عندما تُنصبُ الخيمة بشكلٍ صحيح تُرسيها جبالها المشدودة من مختلف جوانبها، فلا تتقوَّض. فالحبال من كُلِّ جانب في الخيمة تشدُّ في اتجاهٍ مُضادٍّ لِشدِّ جبال الجانب الآخر، فتتوازن شدادات الخيمة من كافة الجوانب وترسيها.



إذا كانت ثلاث قُوَي في حالة توازن، فإنَّ رسمها بقياسٍ نسبيٍّ يُولفُ مُثلثًا - تُمثَّلُ فيه الأضلاعُ بمقدار واتجاه القُوَي. وتكون جميع هذه الاتجاهات مُوحدة في اتجاه عقارب الساعة أو عكسها.



المثلث هو الأمتن

الشَّكْلُ المثلثيُّ هو الأمتن كوحدة بناء؛ فهو فريدٌ في مقاومته للإنتقال أو الليّ والانهار تحت الضغط. لذا يُصمَّم الكثير من المباني والجسور على أساس أشكالٍ مثلثية. إنَّ القطاعات المثلثية في القبة الرادارية أعلاه، تسمحُ ببنائها من الزجاج الليفي، الذي هو، بخلاف الخرسانة، شفافٌ للأمواج اللاسلكية.

لمزيد من المعلومات انظر

- تصميم المواد ص ١١١
- القوى ص ١١٤
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبية ص ١٢٢
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الرَّاديو ص ١٦٤

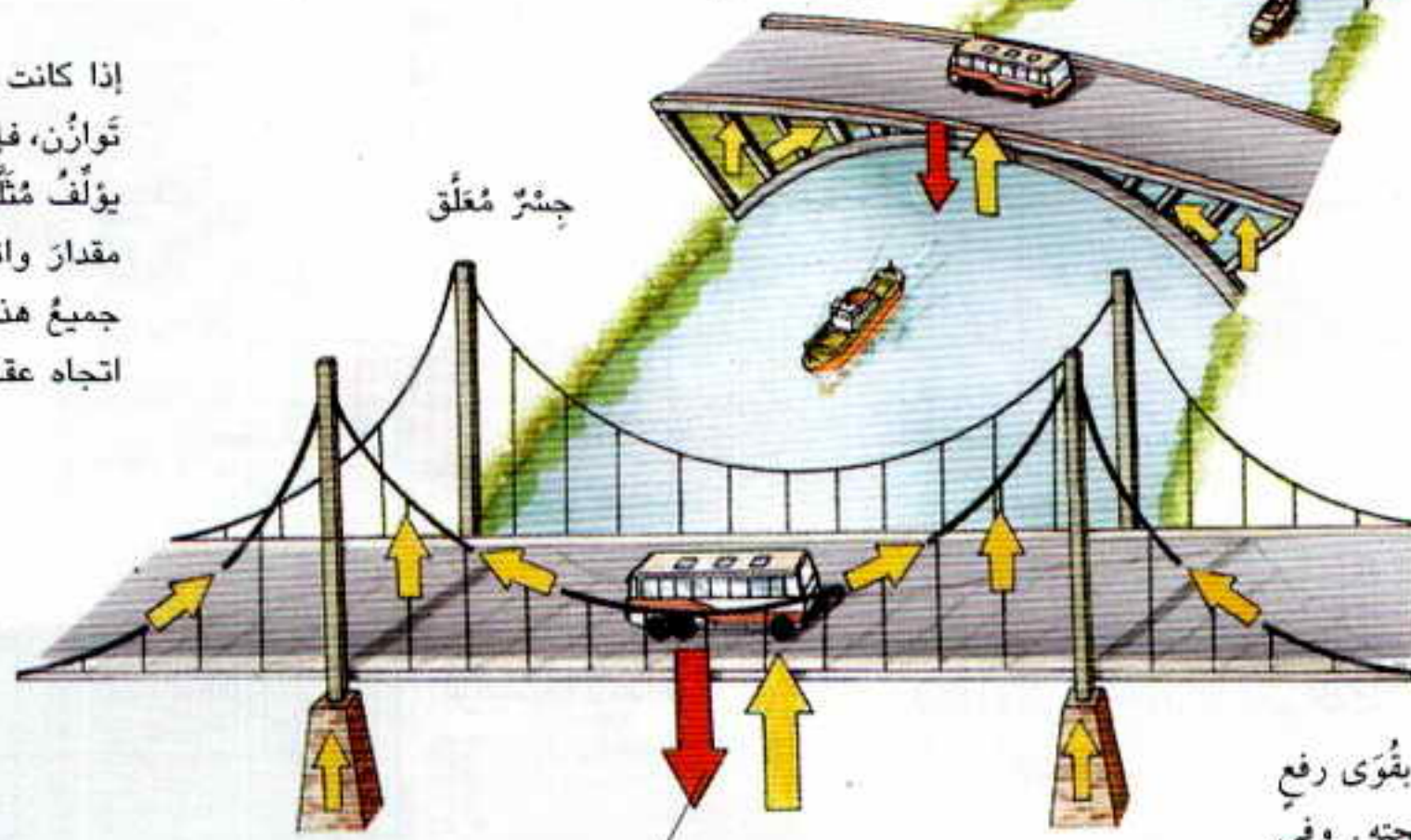
القوى في الأبنية

يُصمَّم مهندسو العمارة الأبنية بحيث تكون القوى المؤثرة على جدرانها وأساساتها مُتوازنة، وإلا تعرضت للإنهيار. ويلاحظ أنَّ الجدران الخارجية لكثير من كاتدرائيات العصور الوسطى مستدَّة بدعائم زافرة تنصبُّ عاليًا من الأرض لموازنة تلك الجدران في حَمَل وزن السقف الهائل. وفي الصورة المرفقة بعض أكثر هذه الدعائم تعقيدًا في كاتدرائية لَمَان، بفرنسا!



جسور عتبي

جسور قنطري



الوزن الشاذ إلى أسفل يُواجهه قُوَي رَفْعٍ إلى أعلى.

بناء الجسور

تُبنى الجسور بمواصفاتٍ مُحددة لِتستطيع حَمَلُ أوزانها هي وأوزان حركة المرور الكثيف عبْرها دون أن تنهار. فلا بُدَّ أن تُوازن قُوَي الشدِّ المُتوقَّعة إلى أسفل بقُوَي الدفع إلى أعلى. أبسط أنواع الجسور هو الجسر العتبي (الأفقي العوارض) المُدعَّم بِبرج من كل طرف. أمَّا في الجسر المُعلَّق فيُدعَّم الوزن بقُوَي رفع من الكبلات فوقه كما من الأبراج تحته. وفي الجسر القنطري، تنقلُ إنشاءات القنطرة المقوسة الوزن إلى الدعائم في طرفيه.



حَمَلُ الحِمْل

كُنَّ يتمكَّن الفيل من حَمَلِ جَذع الشجرة ينبغي أن يرفعهُ شاقوليًا بقوة شدِّ إلى أعلى تزيد قليلًا على وزن الجذع أي القوة التي تشدُّه سفلًا. فالقوتان المُتضادتان تُعادلان إذا كانتا متساويتين ومُتساويتين.

السُّرْعَة

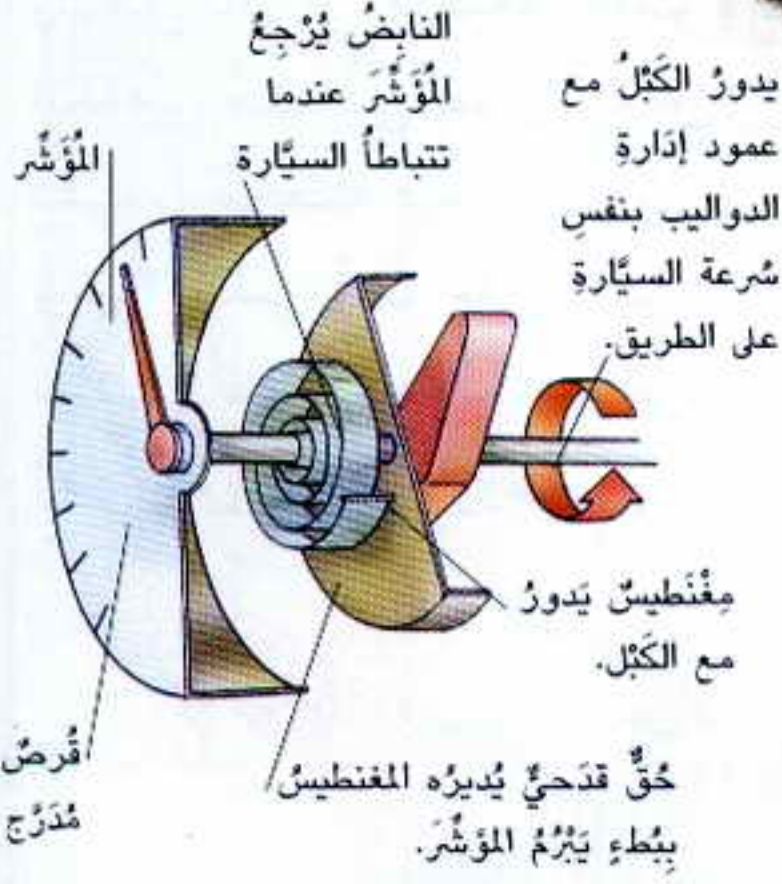
السُّرْعَة النَّسَبِيَّة

السُّرْعَة النَّسَبِيَّة لِجَسْمَيْن مُتَحَرِّكَيْن هِيَ السُّرْعَة الَّتِي يَدُو أَنَّ أَحَدَهُمَا يَتَحَرَّكُ فِيهَا عِنْدَمَا يُرْصَدُ مِنَ الْجَسْمِ الْآخَرِ. فَالسُّرْعَة النَّسَبِيَّة لِسَيَّارَتَيْنِ مُنْطَلِقَتَيْنِ بِالسُّرْعَة نَفْسِهَا فِي الْإِتِّجَاهِ نَفْسِهِ نَسَاوِي صَفْرًا.



عَدَّادُ السُّرْعَة

يُبَيِّنُ عَدَّادُ السُّرْعَة فِي السَيَّارَةِ السُّرْعَة الْآتِيَّة - أَي السُّرْعَة الَّتِي تَسِيرُ بِهَا السَيَّارَةُ فِي تِلْكَ الْحَلِظَةِ. وَيَدَارُ عَدَّادُ السُّرْعَة بِوَسِطَةِ كَبْلٍ مُتَّصِلٍ بِعَمُودِ إِدَارَةِ الدَّوَالِبِ.



أَسْرَعَ الْقَطَارَاتِ السَّرِيعَةِ - ٥١٥ كم/سا

طَائِرَةُ نَفَّاثَةٍ - ٣٥٢٩ كم/سا

سَيَّارَةُ السِّبَاقِ تُرْسَتْ ٢ - حَامِلَةٌ الرُّقْمِ الْقِيَاسِيَّ لِلسُّرْعَةِ الْأَرْضِيَّةِ - ١٠١٩ كم/سا

سُرْعَاتُ مُخْتَلِفَةٍ

يَسْرِي الضُّوءُ بِسُرْعَةِ ٣٠٠ أَلْفِ كَم فِي الثَّانِيَةِ، وَيَسِيرُ الْكَسَلَانُ، وَهُوَ مِنْ حَيَوَانَاتِ أَمْرِيكََا

الْأَسْتَوَاتِيَّةِ، بِسُرْعَةٍ لَا تَتَجَاوَزُ ١٢٠ مِتْرًا فِي السَّاعَةِ حَتَّى إِنَّهُ لَمَنْ الصَّعْبُ أَنْ تَرَاهُ وَهُوَ يَتَحَرَّكُ فِعْلًا. وَلِلْمَقَارَنَةِ إِلَيْكَ السُّرْعَاتُ الْمُخْتَلِفَةُ لِبَعْضِ الْأَشْيَاءِ:

زُورْقُ سِبَاقِي آلِي - ١٦٦ كم/سا

سَيَّارَةُ رِيَاضَةٍ - ٣٢٥ كم/سا

فَهْدٌ - ٩٦ كم/سا

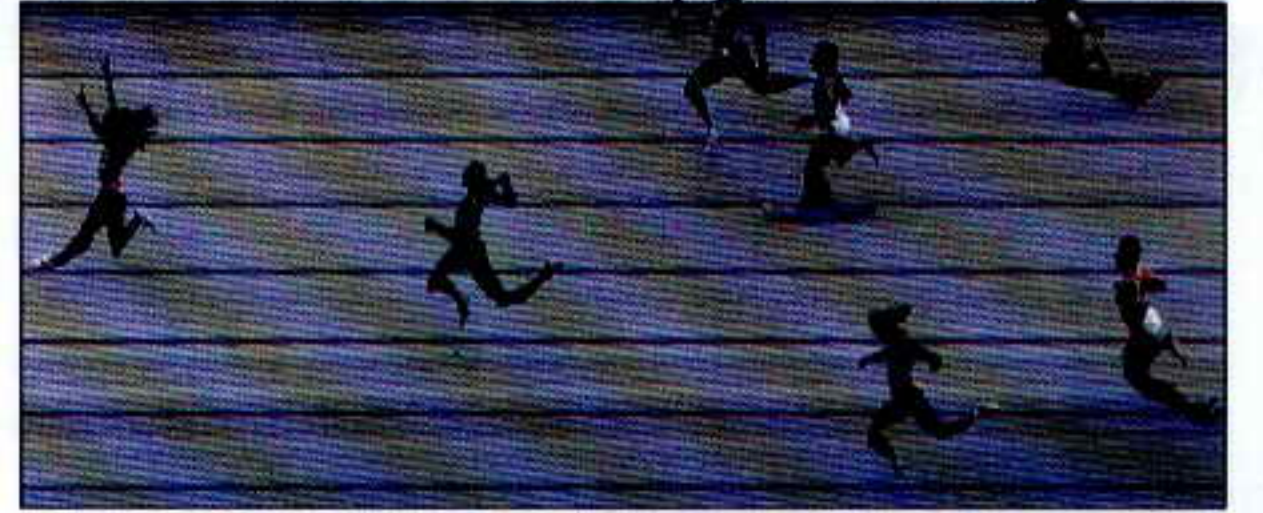
إِنْسَانٌ - ٣٦ كم/سا

أَرْبٌ - ٤٠ كم/سا

حَلَزُونٌ - ٠,٠٥ كم/سا

تَوَقِيتُ الْإِنْهَاءِ

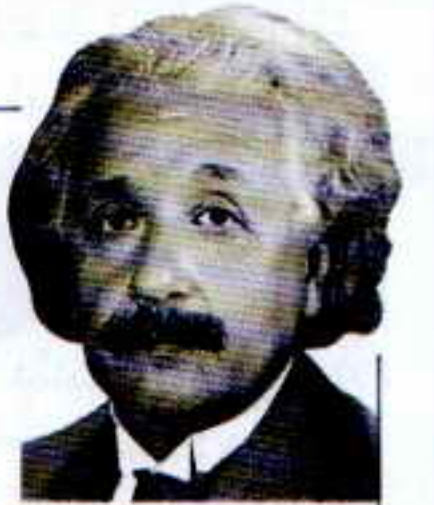
فِي نِهَآيَةِ السِّبَاقِ، يَمُرُّ الرِّيَاضِيُونَ أَمَامَ مُصَوِّرَةٍ فَوْتُوغْرَافِيَّةٍ تَلْتَقِطُ صُورَهُمْ، طَوَالَ فِتْرَةِ الْوَصُولِ، مُوقِفَةً بِسَاعَةٍ حَاسُوبِيَّةٍ مَضْبُوطَةٍ لِحُزْرِ مِنْ أَلْفِ مِنَ الثَّانِيَةِ. وَبَعْدَ التَّظْهِيرِ، تُبَيِّنُ الصُّورَةُ الْفَائِزَ فِي السِّبَاقِ وَالْوَقْتَ الَّذِي سَجَّلَهُ.



أَلْبِرْتْ أَيْنْشْتَيْن

أَلْبِرْتْ أَيْنْشْتَيْن (١٨٧٩-١٩٥٥) أَحَدُ أَكْثَرِ الْعُلَمَاءِ عَلَى مَرِّ الْعُصُورِ وَوُلِدَ فِي أَلْمَانِيَا، وَهُوَ صَاحِبُ نَظَرِيَّةِ النَّسَبِيَّةِ الْمَشْهُورَةِ. أَصْبَحَ أَسَاتِذَا

لِلْفِيزِيَاءِ فِي جَامِعَةِ بَرْلِينِ، وَنَالَ جَائِزَةَ نُوبَلٍ لِلْفِيزِيَاءِ عَامَ ١٩٢١. تَرَكَ أَيْنْشْتَيْنُ أَلْمَانِيَا وَاسْتَقَرَّ فِي الْوِلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ. وَتُعْتَبَرُ نَظَرِيَّتَاهُ فِي النَّسَبِيَّةِ الْخَاصَّةِ وَالْعَامَّةِ أَسَاسَ أَفْكَارِنَا عَنِ الْكَوْنِ.



النَّظَرِيَّةُ النَّسَبِيَّةُ

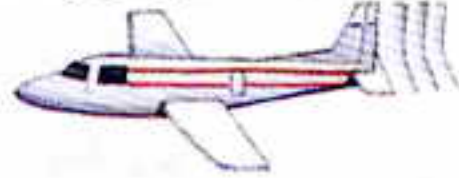
عَامَ ١٩٠٥، نَشَرَ أَيْنْشْتَيْنُ نَظَرِيَّتَهُ النَّسَبِيَّةَ، الَّتِي تَنْظُرُ بِأَنَّ مُرُورَ الزَّمَنِ يَدُو بِطَبَقًا عَلَى جَسْمٍ يَسِيرُ بِسُرْعَةٍ تَقَارِبُ سُرْعَةَ الضُّوءِ. وَأَنَّ لَا شَيْءَ فِي الْكَوْنِ يَسْتَطِيعُ السَّيْرَ أَسْرَعَ مِنَ الضُّوءِ. فَالسَّاعَةُ فِي قِطَارٍ يَنْطَلِقُ بِسُرْعَةٍ تَقَارِبُ سُرْعَةَ الضُّوءِ، تَبْدُو بِطَبَقَةٍ الْحَرَكَةِ لِشَخْصٍ خَارِجِهِ. وَقَدْ اكْتَشَفَ أَيْنْشْتَيْنُ أَيْضًا أَنَّ الْمَادَّةَ يُمْكِنُ أَنْ تُحَوَّلَ إِلَى طَاقَةٍ؛ وَهَذَا بِالْفَعْلِ هُوَ مَصْدَرُ الطَّاقَةِ فِي انْفِجَازٍ ذَرَوِيٍّ أَوْ فِي مُفَاعَلٍ نَوَوِيٍّ.



لِزِيَادَةِ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- جَمْعُ الْقُوَى وَمُحَصَّلَاتُهَا ص ١١٦
- التَّسَارُعُ ص ١١٩
- الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ ص ١٣٦
- الضُّوءُ ص ١٩٠
- التَّصْوِيرُ الْفَوْتُوغْرَافِي ص ٢٠٦
- دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الْحَرَكَةُ ص ٣٥٦

التسارع



تتدحرج الكرة
إلى الامام عندما
يتسارع الطبق
إلى الوراء.

تتدحرج الكرة
إلى الوراء عندما
يتسارع الطبق
إلى الامام.



تطبيقات على التسارع

يساعد جهاز الطيران الأوتوماتي قادة الطائرات الحديثة في قيادة طائراتهم. ويضبط هذا الجهاز مقياس تسارع يتحسن التغيير الحاصل في سرعة الطائرة - عمودياً أو أفقياً. فإذا تسارعت الطائرة في اتجاه ما، يتحرك جزء من مقياس التسارع في الاتجاه المضاد - إلى حد ما ككرة في طبق - فيكشف حاسوب هذا التحرك ويعيد الطائرة إلى مسارها المحدد.

السرعة النهائية

كل جسم ساقط، كالغطاس الجوي، يتسارع أثناء السقوط لأن جاذبية الأرض تسرع كافة الأجسام الساقطة بحرية بمعدل ثابت مقداره ٩,٨ في الثانية في الثانية. (أي تزداد سرعة الجسم الساقط ٩,٨ في الثانية كل ثانية). لكن الجسم لا يمكنه السقوط فعلاً بحرية، لأن الاحتكاك بينه وبين الهواء (أي مقاومة الهواء) يؤثر ضد الجاذبية. وتزداد مقاومة الهواء كلما ازدادت سرعة الجسم الساقط. وعندما تعادل مقاومة الهواء قوة الجاذبية، يتوقف تسارع الجسم فيتابع سقوطه بسرعة مطردة، تدعى السرعة النهائية.

سباقات التسارع

يُحسب التسارع بقسمة تزايد السرعة على الوقت اللازم لبلوغ تلك السرعة. ويقاس بوحدات معينة كالكيلومتر في الساعة في الثانية مثلاً. ففي سباق التسارع مثلاً، قد تسارع السيارة من صفر إلى ٤٧٦ كم/سا في ٤,٨٨ ثانية (أي ٩٧,٥ كم/سا في الثانية). وعلى

السائق استخدام مظلة
تقاصر ليوقف السيارة
قبل نهاية المضمار.



عندما تزايدت سرعة السيارة، يُقال إنها تسارعت. وإذا كنت مسافراً في سيارة وتسارعت فجأة فإنك ترتد في مقعدك إلى الوراء. تسارع السيارة عندما يضغط السائق دواسمة المعجل بقدمه؛ وبازدياد ضغطه، يزداد تسارعها. التسارع قياس لمقدار تزايد السرعة، فإذا تناقصت السرعة يكون التسارع سلبياً، ويُعرف عندئذ بالتقاصر. ويحدث التسارع والتقاصر عندما تسقط قوة غير موازنة على جسم متحرك في اتجاه مساره.

السرعة	٩ م	١٤ م	٢٣ م
٤٨ كم/سا			
السرعة	١٥ م	٢٨ م	٥٣ م
٨٠ كم/سا			
السرعة	٢١ م	٧٥ م	٩٦ م
١١٨ كم/سا			
مجملي مدى	مدى مسافة	مدى مسافة	مجملي مدى
مسافة التوقف	الكبح	الكبح	مسافة التوقف

مدى مسافات التوقف

من ضمانات السلامة في السيارات قدرتها دوماً على التسارع أو التقاصر بسرعة. والمكابح الجيدة ضرورية بنوع خاص، لأنه بازياد سرعة السيارة، وزيادة حمولتها، تزداد صعوبة إيقافها. ونُبين أعلاه مسافات التوقف الدنيا لسيارة متوسطة في حالة توقف طارئ - علماً أن مسافة التفكير هي المسافة التي تقطعها السيارة قبل أن يعمد مُنْعَكِسُ السائق فعلاً إلى أعمال المكبح، ومسافة الكبح هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد أعمال المكبح. ونلاحظ أن مسافة التوقف الدنيا للسيارة المنطلقة بسرعة ١١٨ كم/سا أطول من ملعب كرة القدم!

ترتد الكرة المنتططة إلى
علو أخفض مرة بعد
الأخرى لأنها تخسر
الطاقة تدريجياً.

تتنطط الكرة من اليسار
إلى اليمين.

الكرة المنتططة

تسارع الكرة المنتططة سقوطاً وتقاصر صعوداً. فإثناء سقوطها تقطع مسافة أكثر كل عُشر من الثانية؛ وأثناء صعودها تقطع مسافة أقل كل عُشر من الثانية. وفي العلو الأقصى لكل ارتداد، تبلغ الكرة حالة السكون للحظة من الزمن.

لمزيد من المعلومات انظر

- السرعة ص ١١٨
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- الصورايخ ص ٢٩٩

القوى والحركة



في الهواء

إذا رميت كرة بقوة، فإنها في الوقت

نفسه تسير فعلاً في اتجاهين: إلى الأمام بسرعة ثابتة نوعاً، وإلى أسفل بسبب الجاذبية الأرضية. والمسار الذي تتخذه الكرة هو حسيبة الحركتين.



القصور الذاتي (العطالة)

يدفع فريق التزلج زلاجه بشدة ليده تحريكها، ثم يتابع الدفع لزيادة سرعتها. إن نزعة الزلاجة لمقاومة وضعها السكوني أو الحركي تدعى العطالة أو القصور الذاتي. والأجسام جميعها ذات قصور ذاتي يزداد بزيادة كتلتها.

الجسم المتحرك يبقى متحركاً ما لم تعمل قوة على إيقافه؛ والمركبات الفضائية تؤكد ذلك. فهي تمحر الفضاء إلى الأبد بسرعة ثابتة حتى تؤثر قوة فيها. وقد استغرق توصل البشر إلى هذا المفهوم قرابة ألفي سنة. فقد اعتقد المفكر الإغريقي، أرسطو أن الجسم يتحرك فقط إذا دفعته أو جرته قوة؛ وهو يتوقف عن الحركة عند إزالة تلك القوة. لكن هذا لم يفسر سبب متابعة الكرة المقذوفة مسارها في الهواء بعد انطلاقها من يد الرامي. وفي القرن السادس عشر، تقدم العالم الإيطالي، غاليليو، بنظرية

أفضل، تقول بعدم حاجة الجسم المتحرك إلى قوة كي يستمر في حركته - إنما القوة ضرورية فقط لبدء تحرك الجسم أو وقفه أو تسريعه. وفي العام ١٦٨٧، اعتمد العالم البريطاني، إسحق نيوتن، على أفكار غاليليو وتجاربه في وضع قوانين الحركة الثلاثة المعروفة باسمه.

القوة التي تدفع الضفدع صعوداً في الهواء ترفقها قوة رد فعل مساوية ومضادة تدفع ورقة النيلوفر (زنبق الماء) نزولاً.

تبتدل عضلات ساق الضفدع قوة تدفعه في الهواء.

يبقى الضفدع ساكناً ما لم تؤثر فيه قوة غير موازنة.



قانون نيوتن الثالث

ينص قانون نيوتن الثالث على أن لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. فأنت حين تدفع أو تجر جسمًا ما، فالجسم بدوره يدفعك أو يجرك بالمقدار نفسه.

الطريقة الفضلى لالتقاط الكرة هي أن ترتد معها رجوعاً بحيث يدوم الارتباط فترة أطول فتقل القوة.



كمية التحرك

لكل جسم متحرك كمية تحرك ثابتة بظل محتفظاً بها ما لم تؤثر فيه قوة. فلكي تلتقط كرة متجهة نحوك، عليك أن تبدل قوة تصد كمية تحريكها وتوقفها. لكن الكرة عند إزطامها بيدك، تبدل بدورها قوة تغير كمية تحرك يدك. وكمية التحرك التي تكسبها يدك تساوي كمية التحرك التي تخسرها الكرة. وترداد كمية التحرك بازدياد كتلة الجسم وسرعته.

قانون نيوتن الثاني

ينص قانون نيوتن الثاني على أنه إذا سلطت قوة على جسم فإن الجسم قد يبدأ بالتحرك أو يتسارع أو يتقاصر (بتباطاً) أو يغير اتجاهه، ويتناسب تغير كميته الحركة مع القوة ويتخذ اتجاهها.

قانون نيوتن الأول

الضفدع القافز من ورقة النيلوفر الطافية يوضح عملياً قوانين الحركة لنيوتن. القانون الأول ينص على أن الجسم يظل في حالة سكون أو حركة منتظمة في خط مستقيم، ما لم تؤثر فيه قوة تغير وضعه.

إسحق نيوتن

إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧)، أحد أعظم العلماء على مر العصور، وُلد في لينكولنشاير، بإنكلترا. وقد أُرسل إلى جامعة كيمبردج عام ١٦٦١؛ لكنه، حين ضرب الطاعون مدينة كيمبردج، خلال العامين ١٦٦٥-١٦٦٦، عاد إلى مسقط رأسه حيث حقق أهم اكتشافاته، فصاغ قوانين الحركة المعروفة باسمه، واختراع حساب التفاضل والتكامل لكي يعبر عنها. كما إنه (في قانون الجاذبية العام) شرح كيف أن الجاذبية تبقي الكواكب في مداراتها حول الشمس. وقد كرم نيوتن بالدفن مع المشاهير في دير وستمنستر بلندن.



لمزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- التسارع ص ١١٩
- الجاذبية ص ١٢٢
- المحركات ص ١٤٣
- المشتري ص ٢٩٠
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- البرمائيات ص ٣٢٨

الاحتكاك

مقاومة الهواء

عندما يندفع جسمٌ عبر الهواء، ترتطم به جزيئات الهواء مُحدثةً احتكاكًا تُسميه مقاومة الهواء. وهذه المقاومة تتعاظم بازدياد سرعة الجسم. الأشياء تُسحق بالاحتكاك، كما يحدث للشهب والنيازك التي تحترق أو تنفك عن جوف الأرض بشدة الاحتكاك.

من الصعب أن تجرَّ حملًا ثقيلًا فوق سطح خشن؛ لأنَّ قوَّة الاحتكاك بين السطحين تقاوم ذلك. السطحان الأملسان تمامًا لا يحدث بينهما احتكاك، لكنَّ هذا لا يوجد في الواقع. فالاحتكاك يحصل بين أيِّ سطحين ينزلق واحدُهما على الآخر لأنَّ القطع الخشنة في سطحيهما، مهما كانت دقيقة، تعلق فيما بينها. وتزداد قوَّة الاحتكاك كلما ازدادت خشونة السطحين. الاحتكاك يجعل جرَّ الأثقال الكبيرة صعبًا. ويُسبب الاحتكاك المتواصل الحثَّ حتَّى في المعادن والفلزَّات. ولكنَّ للاحتكاك فوائده أيضًا، فبدونه يستمرُّ كلُّ شيءٍ بالانزلاق إلى ما لانهاية؛ ولن تستطيع أيدينا قبض الأشياء ولن نتمكن من المشي إذ سنزلق كالمتزلجين عند أول خطوة نقوم بها.

ينحني راكب الدراجة بجسمه إلى الأمام مُتخذًا شكلًا انسيابيًّا مشيقًا لتقليل مقاومة الهواء.

الخوذة انسيابية الشكل قدر الإمكان.

مقبضات المقود مُغطيان بمادَّة خشنة لزيادة الاحتكاك وتشديد قبضة يدي الرَّاكِب عليهما.

تضغط لِيَتَنَا (لَقْمَتَا) المِكْبَح على جِثَار الدوَلاب فتنبطُ حركته بالاحتكاك.

يُشبَّث إطَّارَا الدوَلابَين بالطريق بِفَضْل الاحتكاك؛ كما يسمَح نَسَقُ تَحْرِيز مَدَاسِيهِمَا لِلْمَاءِ بِالْإِفْلَاتِ مِنْ تَحْتَهُمَا، فَلَا يَنْزَلِقَانِ بِتَوَاجُدِ مَاءٍ عَلَى الطَّرِيقِ يَخَفَّفُ الاحتكاك.

يسري الرُّبْتُ إلى داخل «نَقَر» السُّطُوح الخَشِنَة.

الاحتكاك في كلِّ مكان

تؤثر قوى الاحتكاك في عدَّة أماكن في الدراجة. فالاحتكاك في بعض الأجزاء كَلَيْتَات المِكْبَح وَجِثَارِي الدوَلابَين مُهِمٌّ وَضَرْوَرِيٌّ. بينما في أجزاء أخرى كَالْمَسْنَنَات، فَيُهْمُنَا أَنْ يَكُونَ الاحتكاك في حدوده الدُّنْيَا.

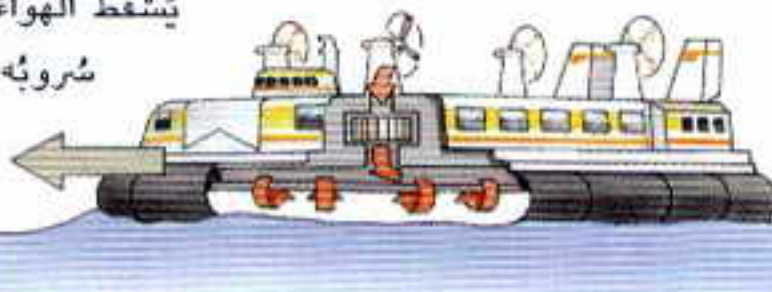
سُطُوح الدَّوَّاسَتَيْنِ الخَشِنَة وَالشَّدِيدَة الاحتكاك تمنع قَدَمِي الدَّرَاجِ مِنَ الانزِلَاق. التُّرْبِيَّتُ الْمَسْنَنَاتُ وَالسُّلْسِلَة لتقليل الاحتكاك.

كريستوفر كُكريل



المهندسُ البريطانيُّ، كريستوفر كُكريل (المولود عام ١٩١٠) اخترع الحَوَّامَة عام ١٩٥٥. وكان عمادُ فكرته استخدامَ نوافير تنفثُ الهواءَ إلى أسفل بِقُوَّةٍ عَظِيمَةٍ ترفعُ المركبَ فوق سطح الماء أو اليابس السَّهْل فينسبُ دونَ احتكاكٍ بهما. وحين أنبأ كُكريل الحكومةَ البريطانيَّة باختراعه اهتمَّ المسؤولونَ بالأمر واعتبروه بالغ السَّرِّيَّة. لكنَّهُ لاحقًا، أُعطيَ الإذنُ بتصنيع المركب الجديد؛ فكان أن أنزلت إلى البحر أولُ حَوَّامَةٍ كبيرة عام ١٩٦٩.

يُسْفَطُ الهواءُ ويُثَقَّتْ بِقُوَّةٍ تحت الحَوَّامَة؛ ويُثَقَّتْ شُرُوبُهُ بِأَزَارٍ مَرُونٍ حَوْلَ بَدَنِ المركبة. فتُحْمَلُ الحَوَّامَة فوقَ مَحْدَةٍ هَوَائِيَّةٍ تَقَلُّ الاحتكاكَ بينما تدفعها مراوحُ الدَّسَرِ إلى الأمام.



الشكل الانسيابي في الطبيعة

تُعاني الأجسامُ السَّارِيَّة في الماء الاحتكاكَ أيضًا، وهو ما يُعرف بمقاومة الماء. فالطائرُ الغاطِسُ لالتقاط سمكة، يزُمُّ جناحيه إلى الوراء مُتخذًا شكلًا انسيابيًّا. والمعروف أن غالبية الأسماك ذات أشكالٍ مشيقة انسيابية تُيسِّر حركتها في الماء.

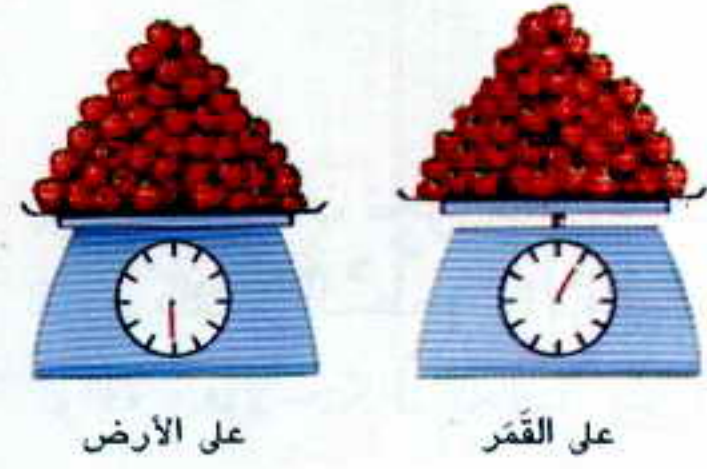
تقليل الاحتكاك

يُسبب الاحتكاك تآكل أجزاء المكينات بالحث، لكنَّهُ يُخَفِّضُ كثيرًا باستخدام محامل كُرِّيَّاتٍ مُرَلَّقة أو مُعَطَّاة بِالزُّيْت. وتتميز محامل الكُرِّيَّات بأنها تندرج بعضها على بعض بدل السحب أو الجر.

لمزيد من المعلومات انظر

- التسارع ص ١١٩
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكينات ص ١٣٠
- المحركات ص ١٤٣
- المذبذبات والنيازك ص ٢٩٥

الجاذبية



الكتلة والوزن

الكتلة والوزن شيان مختلفان. فكتلة الجسم هي كمية المادة الداخلة في تركيبه وهي ثابتة، بينما وزنه هو قوة الجاذبية، على كتلته، وهي متغيرة. فمثلاً وزن كومة من الفريز على سطح القمر هو سدس وزنها على سطح الأرض، لأن جاذبية القمر سدس جاذبية الأرض.

إذا وقع منك شيء فإنه يسقط نحو الأرض، والقوة التي تسبب ذلك هي جاذبية الأرض. والجاذبية ليست مقصورة على الأرض، فجميع الأجسام تجذب بعضها جذباً متبادلاً. القمر له جاذبيته والشمس كذلك - وجاذبية الشمس هي التي تبقى الكواكب في المدارات حولها. قانون الجاذبية لنيوتن ينص على أن قوة التجاذب بين جسمين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما.

مركز الثقل

مركز ثقل الجسم هو النقطة التي يبدو أن تأثير الجاذبية، أو كامل وزن الجسم، مركز فيها. ويمكن موازنة الجسم بتركيزه مباشرة في خط مسامت لمركز ثقله. وتكون الموازنة الأسهل إذا كان مركز ثقل الجسم خفيفاً.



هذه الفيلينة مركزة على رأس إبره. وهي متوازنة لأن الشوكتين الثقيلتين اللذاتين دونها، جعلتا وزن كامل المجموعة، ومركز الثقل، خفيفاً أكثر إلى أسفل، مباشرة تحت نقطة الارتكاز.

١. غلق الجسم وخط الشاقول معاً من النقطة نفسها، ارسماً خطاً في موقع خيط الشاقول.



تعيين مركز الثقل

تعيين مركز الثقل لجسم مسطح، كهذه الطائرة الورقية، أمر سهل. غلق الجسم وخط الشاقول معاً واطرهما بترجحان بحرية. عندما يسكنان، يكون مركز الثقل تحت نقطة التعليق مباشرة في نقطة ما على خيط الشاقول. كرر العملية بتعليق الجسم وخيط الشاقول من نقطة أخرى، فيكون مركز الثقل حيث يتقاطع الخيطان.

٢. غلق الجسم وخط الشاقول من نقطة أخرى على الجسم؛ وارسم أيضاً خطاً في موقع خيط الشاقول. فيكون مركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين.



المقدوف المرتد (الرجون) يدوم حول مركز ثقله.



المد والجزر (المدّر)

المد والجزر تسببهما الجاذبية. فتجذب مياه المحيط في جانب الأرض الأقرب إلى القمر بجاذبية القمر مكونة المد. أما المد الحاصل، في الوقت نفسه، على جانب الأرض الأبعد فسببه أن الأرض تنجذب نحو القمر أكثر من مياه المحيط في ذلك الجانب. ويلاحظ أن تأثير الشمس في المد والجزر طفيف. وعندما يتسامت القمر مع الشمس في الجانب نفسه من الأرض تتحد جاذبيتهما معاً فيحدث مد تام.



المقدوف المرتد (الرجون)

يقع مركز الثقل في بعض الأجسام، كالمقدوف الرجوني خارج الجسم. وبسبب شكله، لا يمكن موازنة الرجون بتركيزه على أي نقطة مفردة في جانبه المسطح. لكن، على حرفه، يمكن موازنه إذا رُكز في نقطة متفرجة.



القمر على سطح القمر

جاذبية القمر

جاذبية القمر أقل من جاذبية الأرض لأنه أصغر بكثير وكتلته أقل من كتلة الأرض. تتسارع الأجسام الساقطة نزولاً على القمر بمقدار سدس تسارعها على الأرض؛ ويستطيع الشخص أن يقفز على القمر سبت مرات أعلى مما يقفز على الأرض.

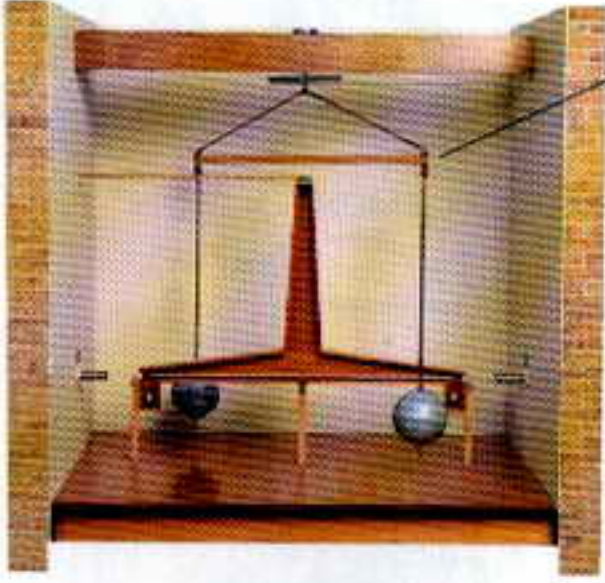


القمر على الأرض

لمزيد من المعلومات انظر

- قياس القوى ص ١٢٣
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الحركة الدائرية ص ١٢٥
- الأمواج والمدّر والتيارات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩

قياس القوى



قاس كافندش
مقدار تحريك
العائق ليحسب
الجاذبية بين
الكرتين.

قياس الجاذبية

استخدم العالم الإنكليزي هنري كافندش (١٧٣١-١٨١٠) الجهاز المبين أعلاه ليحسب كتلة الأرض. فقد علق كرتين من الرصاص من طرفي عائق يدور أفقياً، ثم عرّضهما لجاذبية كرتين كبيرتين من الرصاص على مقربة منهما. وبتحريك الكرتين الصغيرتين انجذبا إلى العائق بمقدار معين مكن كافندش من قياس الجاذبية بين الكرتين، ومن ثم كتلة الأرض.

مقارنة القوى

يتطلب رفع كرة القدم قوة تبلغ حوالي ٤ نيوتن، أما قوة ركلها فتبلغ حوالي ١٠ نيوتن. وللمقارنة، شدة وخفة، فإن قوة المحرك النفاث في طائرة تبلغ ١٠٠,٠٠٠ نيوتن. بينما تستخدم الحشرة الصغيرة في قفزها قوة تقارب ٠,٠٠١ نيوتن.

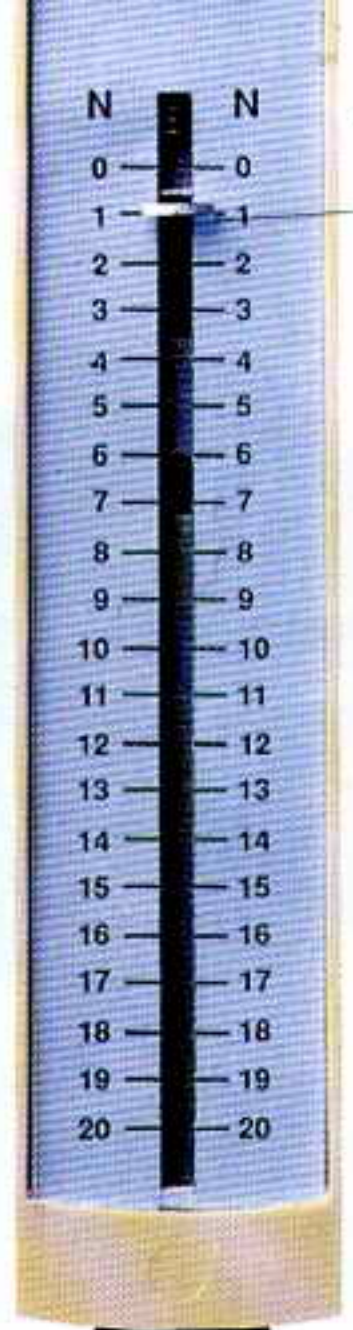


قياس الاحتكاك

يمكنك اختيار وقياس المقاومة الناتجة عن الاحتكاك في بيتك. ثقل كتلة خشبية بكتل حديدية واربط المجموعة بخيط واجعله يتدلى فوق حافة طاولة. جد مقدار الوزن اللازم لتحريك المجموعة فوق سطوح مختلفة. يعتمد الاحتكاك على نوعية السطوح المتحاذة وعلى وزن الكتلة المنزلة. أما مساحات السطوح المتماسكة فلا تزيد ولا تنقص مقدار الاحتكاك.



يتطلب جر الكتلة
فوق ورق الصنفرة
وزنا أكبر



وزن
التفاحة أقل
من نيوتن
واجد بقليل.

ميزان نيوتني التدرج

يمكن إعطاء فكرة عن النيوتن كوحدة قياس بأنه القوة اللازمة لرفع تفاحة صغيرة. فالقوى التي لا تزيد على ١٠٠ نيوتن، يمكن قياسها باستخدام ميزان نيوتني التدرج. فامتطاط النابض بداخله يجز المؤشر نزولاً مقابل مقياس مدرج يبين مقدار القوة الماطة - وهو هنا وزن التفاحة.



روبرت هوك

أشهر ما يُذكر به العالم الإنكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٢) قانونه حول امتطاط الأجسام المرنة. لكنه كان أيضاً صانع آلات ماهرًا، فساعد في تحسين آلات علمية متعددة كالمجهر (الميكروسكوب) والمقرب (التلسكوب) ومقياس الضغط الجوي (البارومتر). وقد صمم منظومة تلغرافية، وساعة تعمل بنابض متذبذب بدل البندول. وفي العام ١٦٦٥، نشر كتاباً يحوي رسومًا للحشرات التي عاينها تحت الميكروسكوب.



مجهر
هوك

لزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الاهتزازات ص ١٢٦

قوى الدوران والتدوير

عندما تُديرُ مقودَ الدراجة، فإنك تشدُ جانباً منه وتدفعُ الجانب الآخر. وهذا مثالٌ على القوى المُزدوجة أو قوى الأزواج في الدوران والتدوير. أما النقطة التي يدورُ حولها الجسم فتُدعى المُرْتَكز أو محورَ الارتكاز. ويمكنُ لقوةٍ مُفردة أن تُديرَ الجسم إذا سُلِّطت على بُعدٍ مُعيَّن من مُرتكزٍ ثابت. فأنت عندما تفتحُ صَفَقَ الباب تُسَلِّطُ قُوَّةً مُفردةً على قَبْضَتِهِ تجعلُهُ يَنْفَتِحُ دائِراً حَوْلَ المِفْصَلَةِ التي هي محورُ ارتكازه. ويعتمدُ تأثيرُ قُوَّةِ التدوير على مقدارها وعلى بُعدِ نقطة تأثيرها عن محور الارتكاز - فكلما ازدادَ هذا البُعدُ ازدادَ تأثيرُ قُوَّةِ التدوير.



القوة القصوى

في بعض البلدان، تُستخدمُ الماشية لِتدوير السَّواني (النواير). فيشدُ الواحدُ أو الزوجُ منها إلى طرف عمودٍ مُتَّصِلٍ بالسَّانية - ويدوران المَواشي تُديرُ دولابَ الناعورة. وتكونُ إدارةُ السَّانية أيسرَ إذا جُعِلَ عمودُ التدوير بالطول الممكن الأقصى.

الوزن الضاغط إلى أسفل عبر دولاب الدراجة الخلفي أكبرُ منه عبرُ الدواب الأمامي. فلكي يتوازن اللوح، يجبُ أن يكونَ الدواب الخلفي أقربَ إلى الجذع من الدواب الأمامي.



موازنة القوى

عندما يكونُ الجسمُ مُتوازناً أو في حالة توازن، تكونُ قُوَّةُ التدوير على أحد جانبي المُرْتَكز مُعَادِلَةً لقُوَّةِ التدوير على الجانب الآخر. ويستخدمُ الدراجُ هذه القاعدة، في تدريب التوازن، مُحاولاً وَقِفَ تَرَجُّحِ اللُّوحِ على جَذَعِ الشجرة.



القنينة الطويلة المملأة تقريباً بالماء، تكونُ غيرَ مستقرَّة لأنَّ مُركَزَ ثَقْلِها عالٍ. وهكذا فلن يَبْقَى هذا المُركَزُ فوق قاعدة القنينة عند إمالتها - ممَّا يُنتِجُ قُوَّةً تدويرٍ تَقْلِبُها.



استقرار التوازن

يكونُ الجسمُ في حالة توازنٍ مُستقرٍّ إذا بَقِيَ مُركَزُ ثَقْلِهِ فوقَ قاعدته عندما يُدْفَعُ قليلاً؛ لأنَّ الجاذبيَّةَ تُعيدُ الجسمَ إلى وَضْعِهِ الأصلي. أما إذا وَقَعَ الجسمُ أو انقلبَ بعد دَفْعِهِ قليلاً، فهو كانَ في حالة توازنٍ غير مُستقرٍّ، لأنَّ مُركَزَ ثَقْلِهِ ما عادَ فوقَ قاعدته، فيوقعُهُ شِدَّةُ الجاذبيَّةِ. أما إذا بَقِيَ الجسمُ في وَضْعِهِ الجديد بعد دَفْعِهِ قليلاً فهو في توازنٍ مُتَعَادِلٍ.

محور الارتكاز



الموازين

استخدمَ الرومانُ قُوَّةَ التدوير لِوَزْنِ الأشياءِ بمِوازينٍ قَبَائِيَّةٍ، ما زالت تُستخدمُ حتَّى اليوم. ولعلَّكَ وُزِنْتَ مَرَّةً بِمِيزَانٍ قَبَائِيٍّ مُطَوَّرٍ في عِبادَةِ طَبِيك. فعندما تَقِفُ على القَبَانِ ويَحْرُكُ ثَقْلُ المِيزَانِ على طُولِ الذراع المُدَوَّجِ إلى حَيْثُ يَتَوَازَنُ الذراعُ، تشيرُ قِراءةُ التدرِجِ إلى وَزْنِكَ.

اختبار المركبات

تُجَعَلُ المِركَباتُ المِرتَفِعةُ أَكْثَرُ أَمَاناً إذا وُسِّعَ المِدى بَيْنَ دَوَالِيهَا وَخُفِّضَ مَوْقِعُ مُحَرِّكاتها. فبِذَلِكَ يَبْقَى مُركَزُ ثَقْلِ المِركَبَةِ خَفِيفاً. هنا يَجْرِي اِختِبَارُ مِدى إِمْكَانِيَّةِ مِيلانِ الباصِ (الحافلة) قَبْلَ أَنْ يَنْقَلِبَ.



لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الجاذبية ص ١٢٢
- قياس القوى ص ١٢٣
- المكينات ص ١٣٠

الحركة الدائرية

العجلات (الدواليب) والحداريف، والدوام والمراوح، ودورات الملاهي كلها تدور في دوائر؛ وواقع الحال أنها تُغيّر اتجاه مسارها بشكل مستمر. فكل جزء من الجسم المدور يحاول السير في خط مستقيم، لكن قوة، تدعى القوة الجاذبة، تشده وسواه من أجزاء الجسم المدور نحو مركز الدائرة - مُغيّرة اتجاه مساره ليبقى دائرياً وليس في خط مستقيم. ولو يُحاول حيوان مُنطلق بسرعة تغيير اتجاهه بلفة سريعة، فإن أقدامه تضغط الأرض بقوة فتدّ الأرض بقوة ردّ الفعل ما يُوفر له قوة جاذبة. أما إذا كان الحيوان مُنطلقاً بسرعة على سطح زلق كالجليد مثلاً، ولم يستطع شَبَث الأرض، فلن تتوافر له قوة جذب، وسيكون من العسير جداً عليه الالتفاف لتغيير وجهه سيره.



الجيروسكوب المدور

الأجسام المدورة لها عظامتها أو قُصورها الذاتي كما للأجسام السائرة في خط مستقيم؛ وهي تقاوم تغيير اتجاه مسارها. ويضم الجيروسكوب دولاباً مدوراً يقاوم الجاذبية، إذا كان يدور بالسرعة الكافية، فيغدو من العسير جداً قلب الجيروسكوب. وتستخدم الجيروسكوبات المُدارة كهربائياً في الأنظمة الملاحية على الطائرات والسفن.



القوة النابذة

تدور السيارة الدمية في مدارها داخل حلقة مُقفلة ولا تسقط حتى وهي مقلوبة رأساً على عقب. فكان هنالك قوة، تدعى أحياناً القوة النابذة، تدفعها إلى أعلى. هذه القوة هي في الحقيقة عظامتها تحاول جعل مسار السيارة يستمر في خط مستقيم.

يرتفع الماء على الجدران عند تدويم الحوض بسرعة.

المياه المُسلقة

إذا دوّم حوض فيه ماء بسرعة، فإن الماء يُحاول الانطلاق خارج الحوض في خط مستقيم؛ والقوة التي تصده تُوفرها جدران الحوض. وكلما ازدادت سرعة تدويم الحوض يزداد تحرك الماء للانطلاق نحو الخارج.

وتستخدم المُجففة الدوامة هذه الظاهرة لإزالة الماء من الملابس المغسولة؛ إذ يندفع الماء باتجاه جدران الأسطوانة المثقبة مُندفعاً عبر ثقوبها في خط مستقيم.



قاعدة دَوّارة تدوّم الحوض.

رمي المطرقة

يدوّم الرامي المطرقة حوله بالسرعة القصوى المُمكنة قبل أن يطلقها. إن القوة الجاذبة اللازمة لإبقاء المطرقة مدورة في مدارها هي قوة الشد على السلك. وعندما يُفلت الرامي المطرقة تزول القوة الجاذبة، فتنتطلق المطرقة مُستقيمة في خط مستقيم بفعل عظامتها.



كلما ازدادت سرعة تدويم الرامي، يزداد بُعْد مدى المطرقة عندما يُفلتها.

انعدام الوزن في المدار

يبقى مكوك الفضاء في مدار مُعيّن حول الأرض لأن الجاذبية الأرضية تُوفر قوة جاذبة تجعله يستمر في مداره بدل أن ينفلت مُنطلقاً في الفضاء. ويتأثر الرواد داخل المكوك بالجاذبية بالمدى نفسه، فيشعرون بانعدام الوزن لأنهم في حال سقوط مستمر لكن انطلاقهم إلى الأمام بتلك السرعة الفائقة يحملهم «فوق الأفق» في مسار دائري ثابت البعد عن الأرض.



لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاحتكاك ص ١٢١
- الجاذبية ص ١٢٢
- الصواريخ ص ٢٩٩

الاهتزازات

إذا عَلَقْتَ كُتْلَةً بِخَيْطٍ وَدَفَعْتَهَا إِلَى جَانِبٍ فَإِنَّهَا تَتَرَجَّحُ جَيِّئَةً وَذَهَابًا بِانْتِظَامٍ؛ وَيُدْعَى هَذَا الِارْتِجَاحُ الْاهْتِزَازُ أَوِ الذَّبْذِبَةُ. أَمَّا عَدَدُ الْمَرَّاتِ الَّتِي يَتَذَبَذَبُ فِيهَا أَيُّ جِسْمٍ فِي ثَانِيَةٍ وَاحِدَةٍ فَيُدْعَى التَّرَدُّدُ. كُلُّ شَيْءٍ لَهُ تَرَدُّدُهُ الطَّبِيعِيُّ؛ فَإِذَا أَرْغَمَ جِسْمٌ عَلَى الْاهْتِزَازِ بِتَرَدُّدٍ مُعَادِلٍ لِتَرَدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ، فَقَدْ تَتَعَاطَمُ اهْتِزَازَاتُهُ إِلَى دَرَجَةِ الْخَطَرِ. فِي الْعَامِ ١٩٤٠، انْهَارَ جِسْرٌ مَضِيقٌ تَاكُومَا فِي وَلايَةِ وَاشِنْتُن، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ، لِأَنَّ الْعَوَاصِفَ جَعَلَتْهُ يَهْتَزُّ بِعُنْفٍ تَسَاقُوقٍ مَعَ تَرَدُّدِهِ الطَّبِيعِيِّ. لَكِنْ لِلْاهْتِزَازَاتِ أَيْضًا اسْتِخْدَامَاتُهَا الْمُفِيدَةُ، فَالْمِثَاقِبُ النَفْحِيَّةُ، الْعَامِلَةُ بِالْهَوَاءِ الْمَضْغُوطِ، تَسْتَخْدِمُ الْاهْتِزَازَاتِ فِي تَفْتِيتِ الْمَوَادِّ. وَالسَّاعَاتُ تَقْيِسُ الزَّمْنَ بَعْدَ الذَّبْذِبَاتِ الْمُنْتَظِمَةِ فِي آلِيَّتِهَا.

السَّعَةُ هِيَ مَدَى الْاهْتِزَازِ أَوْ مَتَّسَعُ دُرُوتِهِ، وَالْفَتْرَةُ هِيَ الْوَقْتُ اللَّازِمُ لْاهْتِزَازَةٍ أَوْ ذَّبْذِبَةٍ وَاحِدَةٍ.



الرَّقَاصُ (البندول)

خَطَرَانُ الرَّقَاصِ (أَوْ نَوَسَانُهُ) ضَرْبٌ مِنَ الْاهْتِزَازِ. وَيَعْتَمِدُ زَمْنُ الْخَطَرَانِ (جَيِّئَةً وَذَهَابًا) عَلَى طُولِ الرَّقَاصِ فَقَطْ، وَلَا عِلَاقَةٌ لِوِزْنِ ثِقَلِهِ أَوْ سَعَةِ خَطَرَانِهِ بِذَلِكَ - شَرْطٌ أَنْ تَكُونَ الْخَطَرَاتُ، أَوْ زَاوِيَةُ الْخَطَرَانِ، صَغِيرَةً. وَقَدْ ارْتَأَى الْعَالِمُ الْإِيطَالِيُّ، جَالِيلِيو، إِمْكَانِيَّةَ ضَبْطِ السَّاعَاتِ بِوَاسِطَةِ الرَّقَاصِ. فِي السَّاعَاتِ الْبَنْدُولِيَّةِ، يُدِيرُ خَطَرَانُ الرَّقَاصِ دَوْلَابًا مُسَنَّئًا بِسُرْعَةٍ مُنْتَظِمَةٍ، وَهَذَا بِدَوْرِهِ يُدِيرُ عَقْرِيَّ السَّاعَةِ.

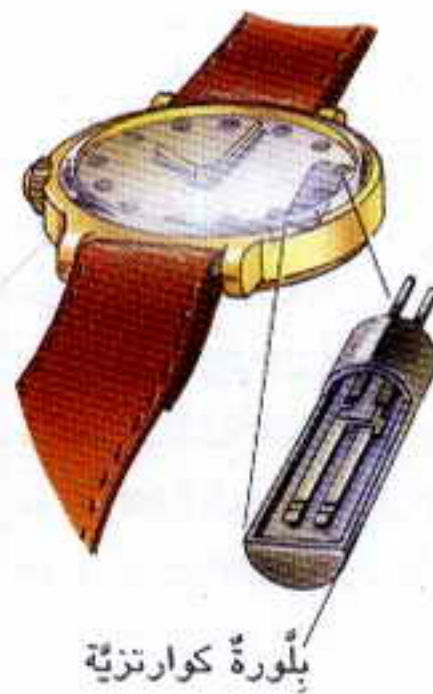


أَمْوَاجُ الصَّوْتِ

عِنْدَمَا تَهْتَزُّ آلَةٌ مُوسِيقِيَّةٌ كَالصَّنْجِ مِثْلًا، تُحْدِثُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً فِي الْهَوَاءِ. جُسَيْمَاتُ الْهَوَاءِ فِي الْمَوْجَةِ الصَوْتِيَّةِ تَهْتَزُّ جَيِّئَةً وَذَهَابًا فِي اتِّجَاهِ مَسَارِ الْمَوْجَةِ - وَهِيَ أَمْوَاجٌ طَوِيلَةٌ.

الأمواج

الْاهْتِزَازَاتُ تُسَبِّبُ تَمْوِجَاتٍ - بَعْضُهَا ظَاهِرٌ، كَأَمْوَاجِ الْبَحْرِ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ تَتَعَدَّرُ رُؤْيَاهُ كَأَمْوَاجِ الصَّوْتِ النَّاتِجَةِ عَنْ اهْتِزَازٍ أَوْ ذَّبْذِبَةٍ شَيْءٍ. وَالْأَمْوَاجُ قَدْ تَكُونُ مُسْتَعْرِضَةً أَوْ طَوِيلَةً.



بِلُورَةِ كَوَارْتِزِيَّةٍ

الكهرباءُ الإِجْهَادِيَّةُ

الْمَرْوُ (الْكُوَارْتِزُ) ذُو خَاصَّةٍ مُمَيَّزَةٍ - هِيَ أَنَّ شِبْحَتَهُ كَهْرَبَائِيَّةً تَغْيَرُ حَجْمَهُ. وَبِفَضْلِ ظَاهِرَةِ الْكَهْرُوإِجْهَادِيَّةِ هَذِهِ يُمْكِنُ لِيَتَّارُ كَهْرَبَائِيٍّ مُنَاسِبٌ جَعَلَ بِلُورَةَ مِنَ الْكُوَارْتِزِ تَتَذَبَذَبُ بِتَرَدُّدٍ مُحَدَّدٍ. فَالْتَّيَّارُ السَّارِي مِنَ الْبَطَارِيَّةِ فِي سَاعَةِ الْكُوَارْتِزِ يَجْعَلُ شَرِيحَةً صُغْرِيَّةً مِنْ بِلُورَةِ كَوَارْتِزِيَّةٍ تَتَذَبَذَبُ ٣٢,٧٦٨ مَرَّةً فِي الثَّانِيَةِ. وَتُحِيلُ جِذَازَةً صُغْرِيَّةً هَذِهِ الذَّبْذِبَةَ إِلَى إِشَارَةٍ وَاحِدَةٍ فِي الثَّانِيَةِ. وَهَذِهِ تَضْبِطُ الْمَحْرَّكَ الَّذِي يُدِيرُ الْعَقَارِبَ أَوْ يُحَرِّضُ الْعَرَضَ الرَّقْمِيَّ.

اهْتِزَازَاتُ الزَّلَازِلِ

الْاهْتِزَازَاتُ الَّتِي تُحْدِثُهَا الزَّلَازِلُ خَطَرَةٌ وَهَدَامَةٌ. الصُّورَةُ الْفُوتُوغْرَافِيَّةُ الْمُصْنَعَةُ الْإِخْرَاجُ أَعْلَاهُ تُمَثِّلُ زَلْزَالًا رَمْزِيًّا فِي مَدِينَةِ سَآنِ فَرَنْسِيْسْكَو، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. وَتَقَعُ هَذِهِ الْمَدِينَةُ عَلَى مَقْرِبَةٍ مِنْ صَدْعِ سَآنِ أَنْدِرِيَّاسِ الضَّخْمِ - أَحَدِ الْخُطُوطِ الصَّدْعِيَّةِ الْعَظْمَى فِي الْعَالَمِ حَيْثُ يُحْتَمَلُ حَدُوثُ الزَّلَازِلِ مِنْ وَقْتٍ لآخر.



بَطْنُ الْمَوْجَةِ

نُزُوءَةُ الْمَوْجَةِ

أَمْوَاجُ الْمَاءِ

يَنُمُّ الْبَرْكَه أَوْ مَوْجُ الْبَحْرِ أَمْوَاجٌ مُسْتَعْرِضَةٌ. فَمَعَ غُبُورِ الْمَوْجَةِ تَهْتَزُّ جُسَيْمَاتُ الْمَاءِ عَمُودِيًّا صُعُودًا وَهَبُوطًا بِالنِّسْبَةِ لِاتِّجَافِ الْمَوْجَةِ.

لِزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- البِلُورَاتُ ص ٣٠
- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- قِيَاسُ الصَّوْتِ ص ١٨٠
- الْهَزَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ ص ٢٢٠
- الْأَمْوَاجُ، وَالْمَدْرُ، وَالتَّيَّارَاتُ ص ٢٣٥

الضغط

على ارتفاع ٢٠,٠٠٠ متر

ضغط الهواء على غلو ٢٠,٠٠٠ م أقل من عشر ضغطه على مستوى سطح البحر.

تطير الطائرات على غلو شاهق حيث ضغط الهواء أقل من الضغط داخل الجسم - مما يستحيل معه استنشاق الهواء؛ لذا يُكثف الضغط داخل الطائرات.

الهواء فوق قمم الجبال العالية رقيق القوام، لذا يتوجب على المتسلقين الاستعانة بأجهزة تنفس إتايمين مزيد من الأكسجين. ضغط الهواء على ارتفاع ٥٠٠٠ متر يعادل نصف ضغطه تقريباً على مستوى سطح البحر.

على مستوى سطح البحر، ضغط الهواء يساوي كيلوغرام على السنتيمتر المربع - تقريباً وزن بقرة فوق طبق عادي.

لا يستطيع البشر الغطس أعمق من ١٢٠ م لأن ضغط الماء يسحقهم.

الغواصات تغوص عميقاً تحت الماء، فهياكلها المتينة تحتل ضغطاً هائلاً.

على عمق ١٠,٠٠٠ م تحت سطح البحر، ضغط الماء يُعادل تقريباً وزن سبعة فيلّة فوق طبق صغير!



عمق ١٠,٠٠٠ م

تحت الضغط

الموائع، من سوائل وغازات، تبدّل ضغطاً على الأجسام؛ فالهواء يضغط علينا؛ ولولا الموائع المتواجدة في داخلنا، والتي تضغط بمقدار مساوٍ لضغط الهواء الخارجي، لكان الضغط الجوي على مستوى سطح الأرض يسحقنا. ويتناقض ضغط الهواء كلما ارتفعنا لأن الهواء الضاغط حينئذٍ يتناقص أيضاً.

ضغط السوائل

يؤثر ضغط السوائل في جميع الاتجاهات؛ فالماء يتنجس عبر الثقوب في جانب هذا الوعاء بفعل الضغط الأفقي.

مدى تدفق الماء من الثقب الأسفل هو الأكثر بعداً لأن ضغط الماء يتزايد بازدياد العمق.



لمزيد من المعلومات انظر

- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الجو ص ٢٤٨
- ضغط الهواء ص ٢٥٠

لماذا خفّ الجمل عريض مسطح؟ ولماذا رأس الدبوس مروس حاد؟ السبب هو أن نشر القوة على مساحة كبيرة يقلل ضغطها؛ كذلك فإن تركيز القوة على مساحة صغيرة يزيد ضغطها كثيراً. فالجمل لا يغوص في الرمل لأن وزنه يتوزع على مساحة كبيرة؛ لكنك حين تكبس الدبوس في لوحة الإعلانات، فإن طرفه الحاد ينغرز في اللوحة بسهولة، لأن قوة إبهامك تركزت في مساحة ضئيلة. يُقاس الضغط بمقدار القوة على وحدة المساحة.



نشر الحمل

يستطيع طائر الجاكانا، في أمريكا الجنوبية، المشي فوق أوراق النيلوفر (زنبق الماء) الطافية دون أن يغوص لأن أباخسه (أصابع قدميه) ومخاليه نشر وزنه فوق مساحة كبيرة.

السوخ والانغراز

لا تسوخ مِرْشَة المياه في التربة لأن وزنها متشتر على قاعدة واسعة. لكن من السهل انغراز الرّفش في التراب لأن وزنه وقوة الدفع مُضْبَبَان على حده الرقيق. والسكين الحاد يقطع بسهولة للسبب نفسه - إذ القوة عليه مركزة في مساحة ضئيلة على طول حده.



إيثانجليستا توريشلي

يُقاس ضغط الهواء بالبارومتر. وكان الإيطالي إيثانجليستا توريشلي (١٦٠٨-١٦٤٧) قد اخترع

البارومتر الزئبقي عام ١٦٤٣، حين اكتشف أن غلو الزئبق في أنبوب مقلوب رأساً على عقب في طاس من الزئبق، يتغير بتغير ضغط الهواء. وقد تتلمذ توريشلي على غاليليو ثم خلفه كرياضي البلاط لدى أرشيدوق تسكاني. وقد سُميت وحدة الضغط «تور» باسمه، وتساوي ضغط مليمتر واحد من الزئبق.



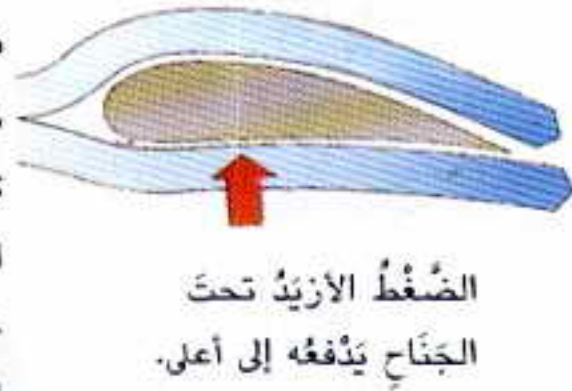
القوى في الموائع

تسري الموائع (سوائل كانت أم غازات) عندما تؤثر قوة فيها؛ وهي لا شكل محددا لها، فتتخذ شكل الوعاء الذي يحتويها. وإذا ضغطت الموائع بقوة ما، تنتقل القوة الضاغطة إلى سائر أجزاء المائع.

وتعرف هذه الظاهرة بقاعدة بَسْكال، وتستخدم في تشغيل بعض المعدات الآلية. ففي مكبح السيارة الهيدرولي مثلاً، تنتقل القوة المسلطة على دَوَاسَةِ المكبح إلى الدواليب بواسطة سائل المكبح. ومن خواص الموائع المفيدة عملياً أن المائع الساري بسرعة أقل ضغطاً من المنساب ببطء. وتعرف هذه الظاهرة التي تمكن الطائرات من التحليق عالياً في الجو بقاعدة برنولي (برنويه).



جناح الطائرة
مُشكّل على
هيئة سطح
أنسياب رافع.



الضغط الأزيد تحت
الجناح يدفعه إلى أعلى.

جناح الطائرة

يوفر الطائر معظم قوة الرفع أثناء الطيران بقوة رد الفعل من رفرة جناحيه اللذين يدفعان الهواء إلى أسفل. لكن عندما يكون الطائر سابحاً في الجو انسياباً فقط، فإن بسطة الجناحين، بفضل شكلهما، تكسبه قوة رفع.

سطح الانسياب الرافع

سطح جناح الطائرة مقوس من أعلى ومسطح تقريباً من الجانب السفلي مُشكلاً سطح انسياب رافعاً - يرتفع عندما يسري الهواء حوله. ذلك لأن الهواء ينساب فوق سطح الجناح الأعلى بسرعة أكثر من سرعته تحت السطح السفلي. ووفقاً لقاعدة برنولي، يكون الضغط تحت الجناح أكبر منه فوقه، مما ينجح قوة رفع. وتزداد قوة الرفع بازدياد سرعة سريان الهواء. لذا ينبغي أن تحقق الطائرة سرعة فائقة على المدرج لتستطيع الإقلاع.

بليز بَسْكال

بليز بَسْكال (١٦٢٣-١٦٦٢) عالم ورياضي ولاهوتي فرنسي لامع. صنع أول آلة حاسبة

ناجحة في سن الثانية والعشرين؛ وفي العام ١٦٤٦ صنع بارومترًا زئبقياً واستخدمه لاحقاً في قياس الضغط الجوي. وأدت دراسته خواص السوائل إلى اكتشاف القاعدة المسماة باسمه. وتنص قاعدة بَسْكال على أن الضغط المسلط على جزء من المائع ينتقل بالتساوي إلى جميع أجزائه. وقد سُميت وحدة الضغط البَسْكال (با) باسمه، وتُعادل نيوتن على المتر المربع.



ثُمّ فقاعات الصابون بأشكال غريبة لأن الصابون يقلل التوتر السطحي للماء.

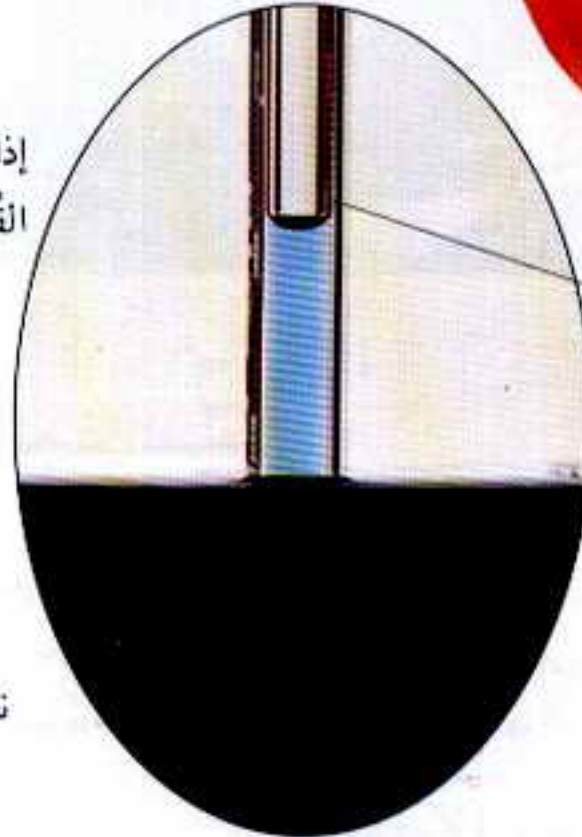


التوتر السطحي

يبدو سطح السائل وكأنه مغطى بغشاء مؤثر متماسك غير مرئي. وتعرف هذه الظاهرة بالتوتر السطحي، وسببها القوى بين الجزيئات التي تعمل محصلتها على شدّ جزيئات السائل السطحية نحو الداخل. والفقاعة تتخذ شكلها الكروي المألوف بفعل التوتر السطحي.

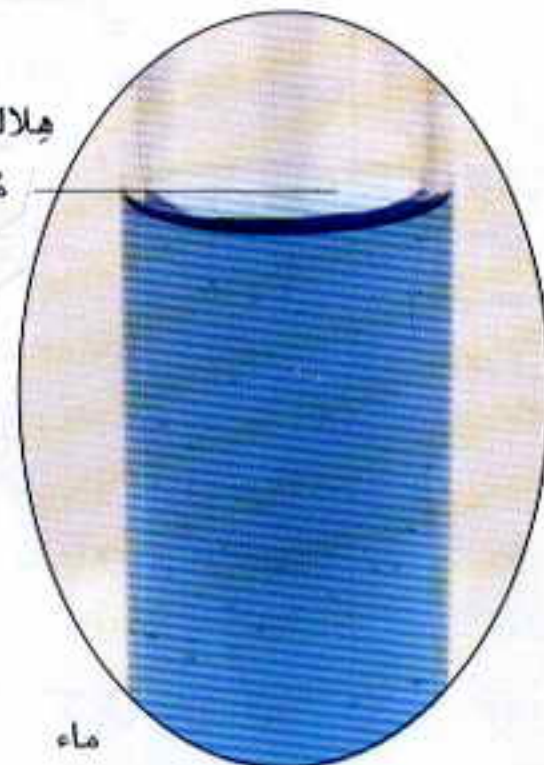
الخاصة الشعرية

إذا غطست طرف أنبوب ضيق الفطر جداً في سائل، فقد يرتفع السائل في الأنبوب بفعل الخاصّة الشعرية. ويحدث هذا إذا كانت قوة التجاذب بين جزيئات السائل وجزيئات الأنبوب أقوى من التجاذب بين جزيئات السائل نفسها كما في الماء.



يرتفع الماء بشكل ملحوظ في الأنبوب الشعري.

هلاله السطح
مُحدّبة

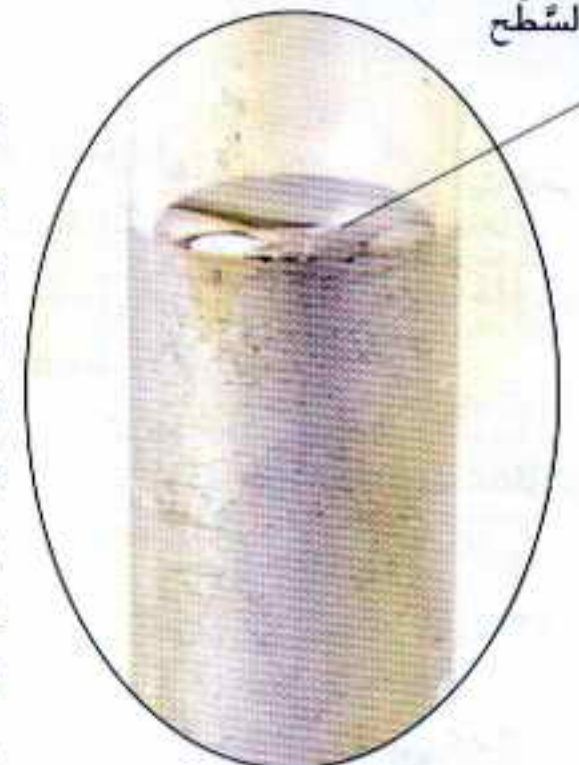


ماء

التماسك والالتصاق

هلاله السطح، في أنبوب ضيق الفطر، مُحدّبة في الماء ومُقعرة في الزئبق. ذلك لأن جسيمات الزئبق قوية التجاذب وقوية التماسك فيما بينها (وبالتالي فهي عالية التوتر السطحي) - علماً أن قوة التماسك هي القوة بين جسيمات النوع الواحد. أما جسيمات الماء فهي أكثر انجذاباً إلى جسيمات زجاج الأنبوب منها إلى بعضها. وتُدعى القوة بين مادتين مختلفتين قوة الالتصاق؛ وهي التي تسبب التصاق قطرات المطر بزجاج النوافذ.

هلاله السطح
مُقعرة



زئبق

لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- الترايب الكيميائية ص ٢٨
- الصابون والمنظفات ص ٩٥
- المواد اللصوقة ص ١٠٦
- الضغط ص ١٢٧
- الحاسبات ص ١٧٢
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

الطفو والغوص

يبدو الجسم أخف وزناً إذا غمر في الماء لأن الماء يدفعه إلى أعلى. وتدعى قوة الدفع هذه الدفع الرافع أو الدفع العُلوي، وتُعاذل وزن السائل المزاح - وتُعرف هذه الظاهرة بقاعدة أرخميدس. فالجسم يطفو إذا كان الدفع العُلوي للسائل مُساوياً لوزنه؛ ويغوص إذا زاد وزنه على الدفع العُلوي. ويعتمد الطفو على كثافة الجسم - أي كمية المادة في وحدة الحجم منه. فالشمعة تطفو في الماء لأنها أقل منه كثافة، فتزح من الماء يكفي ليوفر دفعا عُلوياً يحملها؛ بينما يغوص الحجر لأنه أكثف من الماء؛ ووزن الماء المزاح، أي دفع الماء العُلوي، أقل من وزنه.



الارتفاع في الجو ترتفع المناطق المعتاة بالهليوم في الهواء لأن الهليوم أقل كثافة من الهواء؛ فوزن الهواء المزاح أكبر من وزنها.

الطفو في الماء

تطفو الذراقة في الماء لأنها تزح من الماء ما يُعاذل وزنها - أي إن قوة الدفع العُلوي تُساوي وزن الذراقة تماماً.

أرخميدس

أرخميدس (٢٨٧ -

٢١٢ ق.م.)

رياضي وفيزيائي

ومُخترع إغريقي

وصاحب القاعدة

المعروفة باسمه. يُحكى

أن الملك هيرو كلفه باختيار

الذهب المصنوع منه تاجه - فلاحظ وهو

يستحم أن مغطسه يفيض عند نزوله فيه.

فقام يركض غرياً في الشوارع وهو يصيح:

يورিকা، يورিকা (أي وجدتها!). وبمعرفة

أن دفع السوائل لجسم يختلف باختلاف كثافته

برهن أن ذهب التاج مغشوش. ولأرخميدس

اكتشافات جلى في الهيدروستاتيك (علم

الموائع الساكنة) والهندسة والميكانيكا.



عندما الغواصة طافية تكون خزاناتها الصابورية (صهاريج الموازنة) مليئة بالهواء.

للغوص، يُضخ الماء إلى الخزانات الصابورية فتصبح الغواصة أثقل.

للطفو، يُضخ الهواء في الخزانات الصابورية طارداً الماء منها فتصبح الغواصة أخف.



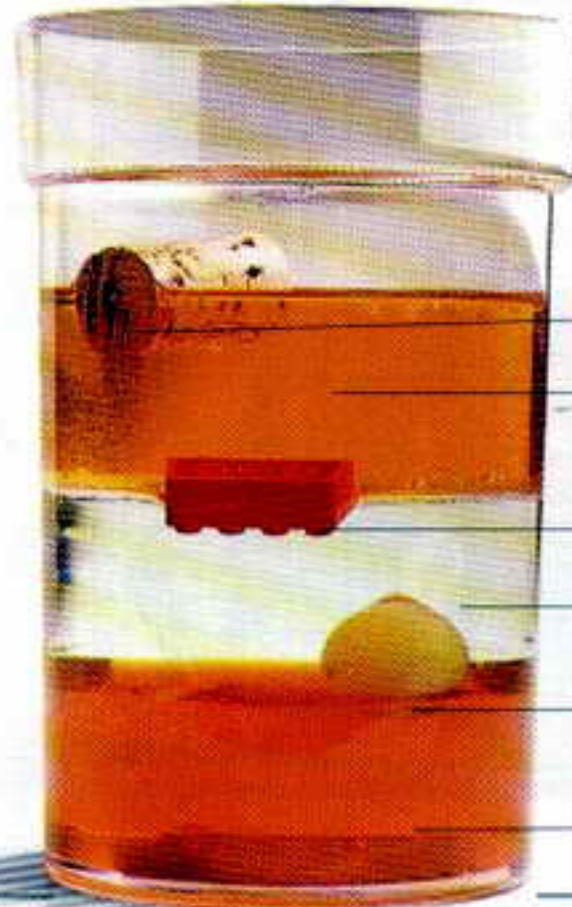
تدفع المراوح الغواصة إلى الأمام.

الغواصات

يوجد في الغواصة مستوعبات تُدعى الخزانات الصابورية، تجعلها تطفو عندما تُملأ بالهواء. فرغم أن الغواصة مصنوعة من الفولاذ، فإن معدّل كثافتها ومستوعباتها مليئة بالهواء أقل من كثافة الماء. لكن عندما يُضخ الماء إلى داخل الخزانات الصابورية فإن الغواصة تغوص لأن كثافتها تصبح أكبر من كثافة الماء.

أي الأثقل أو الأخف

يطفو الزيت فوق الماء لأنه أقل كثافة منه، ويطفو الماء فوق الشراب للسبب نفسه. الفليئة أقل كثافة من السوائل الثلاثة لذا تطفو على سطح الزيت. والكتلة اللدائنية أقل كثافة من الماء وأكبر كثافة من الزيت، فهي تغوص في الزيت، وتطفو في الماء. أما حبة العنب فهي أكبر كثافة من الزيت والماء فتغوص فيهما، لكنها أقل كثافة من الشراب، فتطفو فوقه.



فليئة

زيت

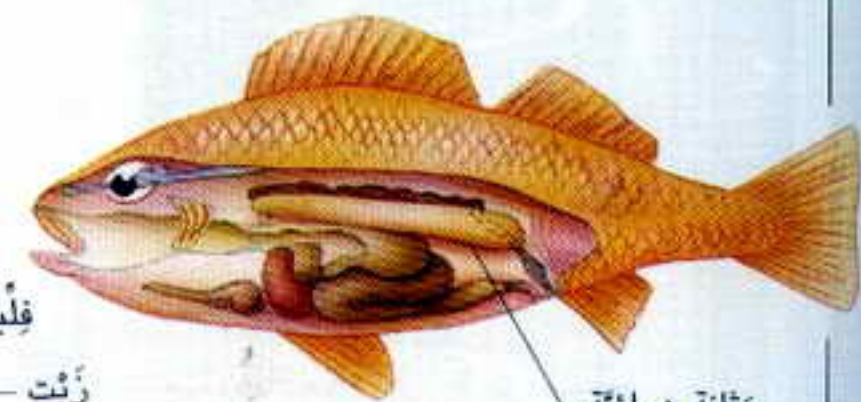
كتلة

لدائنية

ماء

حبة عنب

شراب



مثانة هوائية.

الأسماك

بعض الأسماك ذو مثانة هوائية تعمل كالخزانات الصابورية في الغواصة. يدخل الهواء إلى هذه المثانة عن طريق الفم، أو من مجرى الدم؛ فيمكن السمكة من الارتفاع صعداً في الماء.

لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- القوى في الموائع ص ١٢٨
- الميكانيكا ص ١٣٠
- الأسماك ص ٣٢٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

المكينات

الآلات المُعقَّدة

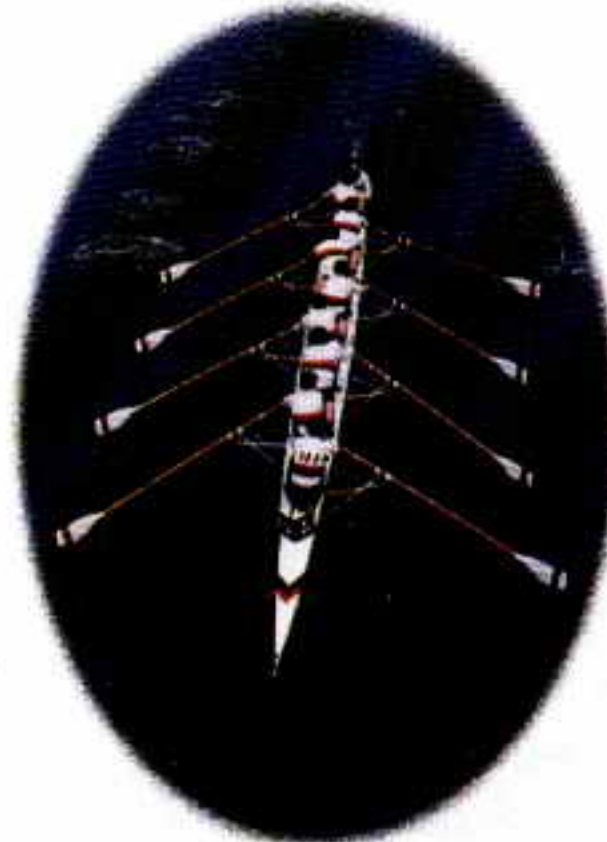
الحَصَادَةُ الدَّرَاسَةُ مَكِينَةٌ مُعَقَّدَةٌ، والواقع أنها مؤلَّفة من مجموعة كبيرة متآزرية من الآلات البسيطة المترابطة بوسائل بارة مبتكرة من الثروس المعشقة والروافع والشُور المتحركة ومنظومات الأنابيب الهيدروليَّة. والنتائج مَكِينَةٌ بالغة الأهمية، تحصدُ الزَّرْع وتُذري الحَبَّ من القَشِّ.



ليست جميع المكينات ضخمة وكثيرة الضجة؛ فالعديد منها آلات صغيرة تُستخدم لأداء أعمال بسيطة. لكن مهما كان حجم الآلة، فالمفروض أنها تجعل أداء العمل المُعين أسهل. فبعضها يُحيل الحركة القصيرة إلى حركة أطول، أو القوة الصغيرة إلى قوة أكبر؛ وبعضها الآخر يستطيع تغيير اتجاه القوة أو موقعها ويُسلطها حيث الحاجة تمس إليها. لكن الآلة لا تخلق طاقة، فكلما قلت قوة الجهد ازدادت مسافة تحريكها، ويعرف هذا بمبدأ الآلات. والمعروف أن كفاية أو فعالية المكينات لا يمكن أن تبلغ ١٠٠ بالمئة، لأن بعض الجهد المبذول يتبدد في مقاومة الاحتكاك بين أجزائها.

تزييد الحركة

عندما يُستخدم فريق التجديف الثماني مجاذيفهم لتحريك القارب، فإنهم في الواقع يستخدمون آلات تُضاعف الحركة. فبتحريك الطرف الداخلي للمجذاف مسافة قصيرة، يتحرك الطرف الآخر مسافة أكبر، وهكذا يندفع القارب بسرعة عبر الماء.



داخل البيانو

العزف الجيد على البيانو يتطلب عزف النغمات الموسيقية بسرعة، ليناً أو شدة. لذا فإن أصابع أو مفاتيح البيانو تتصل بالأوتار بنظام مُعقَّد من الروافع يضخم الحركة عند تنقل أصابع العازف عليها. فحركة إصبعية محدودة تضرب المطرقة وتر البيانو المُعين بقوة، فيُصدر النغمة المطلوبة.



قوة مضخمة

يُروى عن العالم الإغريقي أرخميدس أنه قال «أعطني رافعة ذات طول كاف، فأستطيع تحريك العالم». وهذا نظرياً صحيح، لأن الرافعة تُضخم القوة. فالمطرقة المخليبة مثلاً، وهي نوع من الروافع، يمكن استخدامها لترع بسمار من قطعة خشبية بقوة ضئيلة.

إذا شدت برق على يد المطرقة، فإن المخلب في الطرف الآخر يشد البسمار بقوة كبيرة.



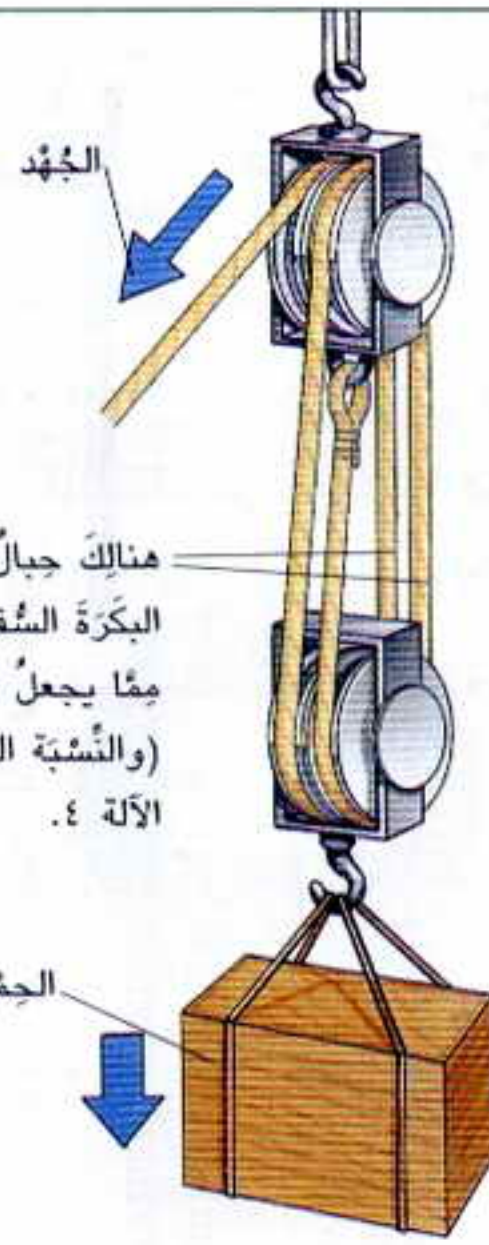
الطريق المُتمم

صعود الجبل على طريق مُتمم أيسر من تسلق السَّح في خط مُستقيم. فالطريق المُتمم، كالألة البسيطة، يُخفِّض الجهد اللازم للصعود إلى القمة، لكنه يطيل المسافة ليلوئها.



الآلات البسيطة

السطح المائل والأسافين والمسامير الملولبة والروافع والملفات والبكرات والمستنات (أو الثروس) جميعها تدعى آلات بسيطة. وهي تيسر الشغل لأنها تمكن قوة صغيرة، تدعى الجهد، من التغلب على قوة أكبر، تدعى الحمل. ويقال في الآلات التي تزيد القوة أنها ذات فائدة آلية يمكن احتسابها بقسمة الحمل على الجهد. أما الآلات التي تزيد الحركة، ففائدتها تدعى النسبة السرعة، ويمكن احتسابها بقسمة المسافة التي يقطعها الحمل على المسافة التي يقطعها الجهد.



البكرة

البكرة تفيذ في رفع الأشياء عمودياً، وتتألف ببساطة من حبل ملفوف حول دولاب، يوصل أحد طرفيه بالحمل ويُسَلَط الجهد على الطرف الآخر لرفع الحمل. وعند استخدام أكثر من دولاب واحد، كما في البكرة أعلاه، تَضَعُ القوة أو الجهد، فيمكن عندئذ رفع حمل كبير بجهد أقل.



الإسفين

نصل البطة إسفين، وهو آلة تُضَخُّ القوة. فعندما تضرب البطة الحطبة تنتقل قوة الضربة إلى النصل الذي يخترق قطعة الحطب قليلاً ويرغمها على الانفلاق. تتحرك قطعة الحطب عبر مسافة أقل من مسافة تحرك النصل ولكن بقوة أشد.

المستنات والملفات

تحتوي خفافة البيض نوعين من الآلات البسيطة - مستنات وملفات. المستنات المعشقة أزواجاً، أحدها أكبر من الآخر، تضاعف القوة أو تضاعف السرعة وتغير اتجاه الحركة. الملفات تضاعف القوة لأن مسار الدولاب أطول من مسار الجزع - فيدور الجزع بقوة أشد. مقبض (أو يد) الخفافة يُدير المستننة الكبرى بفائدة آلية كدولاب وجزع، والمستننة الكبرى تُدير بدورها مستننة أصغر بسرعة أعظم.

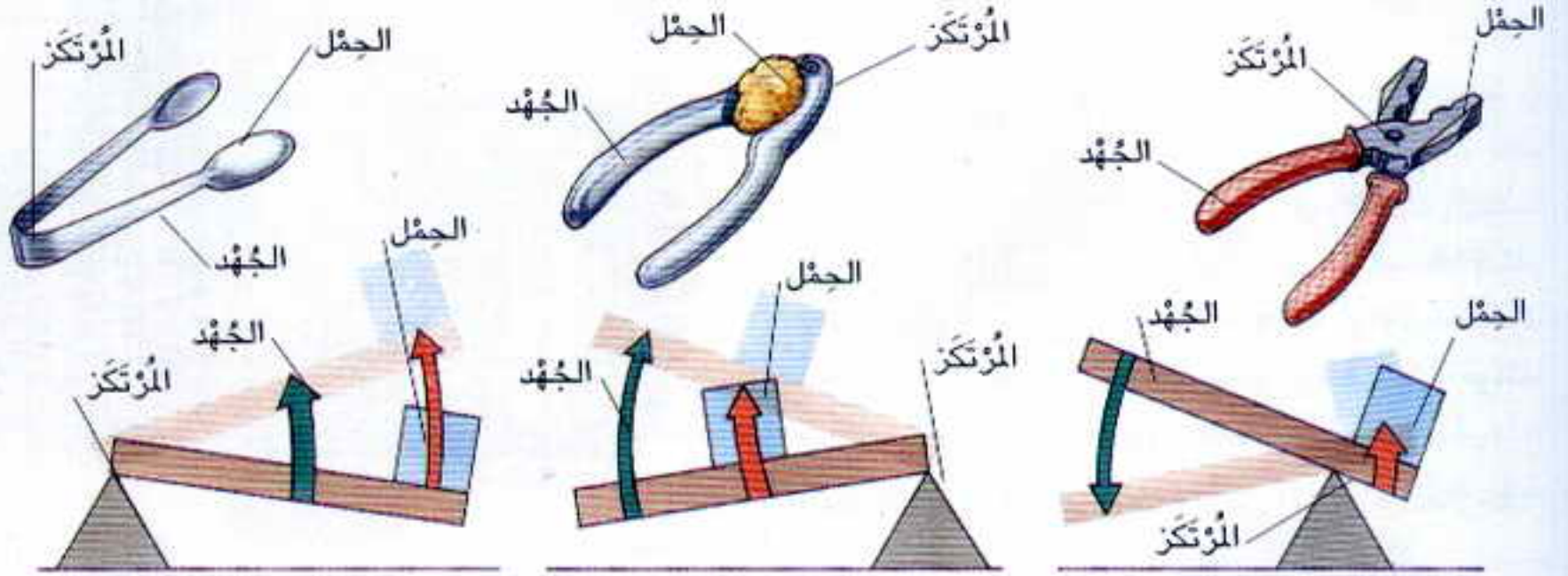
للخفافة جناحان
دوران.

يدور محورا الخفق،
بترسئيهما الصغيرتين،
مسافة أقل من
المستننة الكبرى
فيديران
جناحي الخفافة
بقوة أشد.



الرافعة

الرافعة مقل أو ذراع يدور حول نقطة تدعى الموترز أو محور الارتكاز لتحريك الحمل. هنالك ثلاثة أنواع من الروافع تبعاً لموقع الموترز بين الجهد والحمل، كما هو مبين في الشكل المرفق. الروافع من النوعين الأول والثاني تُضَخُّ القوة (مسافة الجهد فيها أكبر من مسافة الحمل)، وروافع النوع الثالث تُضَخُّ المسافة. في الجسم البشري أمثلة على مختلف أنواع الروافع - فالذراع مثلاً، رافعة من النوع الثالث، متركزها عند المرفق، وحملها هو اليد وما قد تحمله، وجهها هو ما تبدله عضلة الذراع من قوة شد.



الملقط رافعة من النوع الثالث -
تُضَخُّ المسافة (الجهد بين
الموترز والمقاومة)

كسارة الجوز رافعة من النوع
الثاني - مُضَخِّمة للقوة
(الحمل بين الجهد والموترز)

الزردية رافعة من النوع الأول -
مُضَخِّمة للقوة (الموترز بين
الجهد والحمل)

يدار المقبض ليزم
الشادوف.



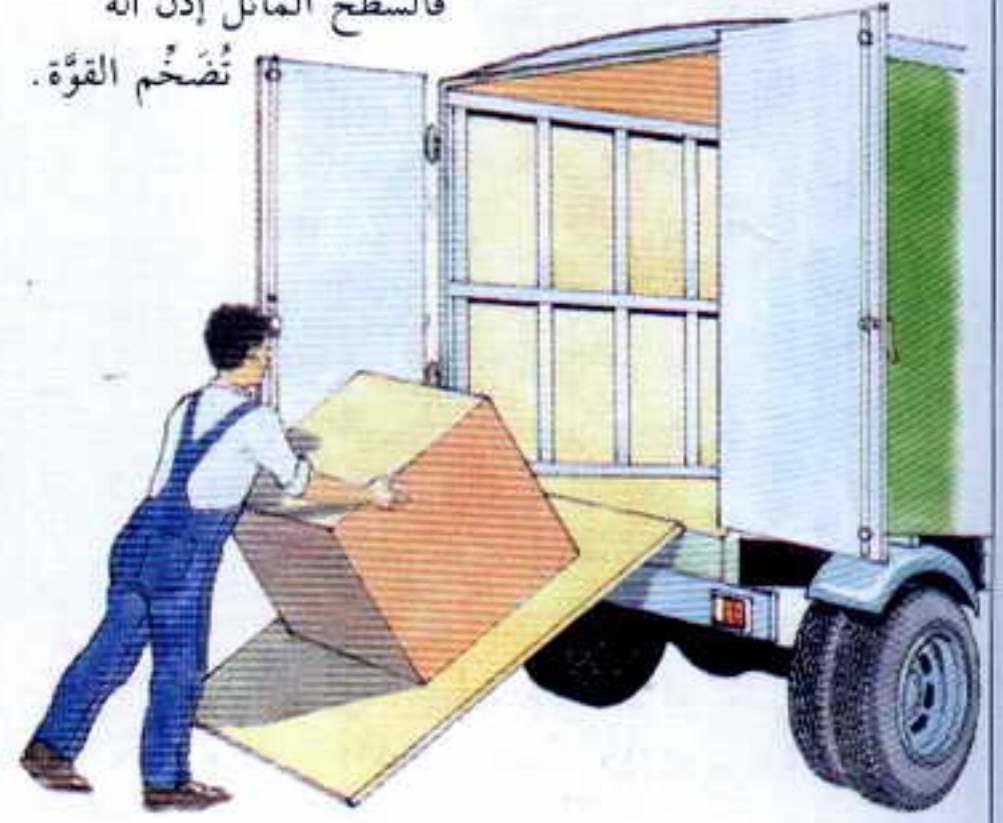
شادوف
أرخميدس

سِنُّ المسمار الملولب
أشبه بسطح مائل
ملفوف حول أسطوانة.

المسمار الملولب

سِنُّ المسمار الملولب هو في الواقع سطح مائل. والمسمار الملولب ذو فائدة آلية لأنه يبرم مسافة أطول من المسافة التي يتحرك بها إلى الأمام؛ وهذا يعني أنه يتحرك إلى الأمام بقوة أكبر من القوة التي تُبذل في برمه. أحياناً تُرفع مياه النهر لري الحقول بواسطة نبطة تدعى شادوف أرخميدس. فكلما يُدار الشادوف دورة، ترتفع المياه قليلاً داخل أنبويه.

السطح المائل المعروف أن دفع الشيء صعوداً على سطح مائل أيسر من رفعه حملاً. يستخدم عمال نقل الأثاث مثلاً، لوحاً مائلاً في تحميل الأعراض الثقيلة في الشاحنة. فهم يدفعون الأشياء مسافة أطول من مسافة رفعها عمودياً، لكنهم يبذلون في ذلك جهداً أقل - فالسطح المائل إذن آلة تُضَخُّ القوة.



لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- قوى الدوران والتدوير ص ١٢٤
- الطفو والغوص ص ١٢٩
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- الهيكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

الشغل والطاقة

بالمفهوم العلمي، ينتج الشغل فقط عندما تُحرَّك قُوَّة شيئاً. فحين ترفع جسمًا ثقيلًا، أنت تقوم بشغل لأنك تبذل قُوَّة تحرك الجسم. ولا يُبذل شغل بدون طاقة؛ فالطاقة هي القدرة على أداء شغل، أي إنَّ أداء الشغل يتمُّ باستهلاك الطاقة، أو على الأصح، بتحويلها من شكل إلى آخر. نحن نحصل على الطاقة من الطعام كطاقة كيميائية. كذلك تحصل بعض الآلات على طاقتها بشكل كيميائي من الوقود كالبنزين والغاز. وهناك أشكال أخرى من الطاقة - كالطاقة الحرارية والضوئية والنووية والكهربائية. ولكي ندرك كيف تتحرَّك الأشياء ولماذا، ينبغي لنا معرفة نوع ومقدار الطاقة المتوفرة لديها.

في رفع ثقاة وزنها نيوتن عمودياً مسافة متر يُبذل شغل مقداره جول.



قياس الشغل

عندما ترفع شاحنة المرفاع الشوكي صناديق الشحن، فهي تعمل على مقاومة قُوَّة الجاذبية. وكلما ازداد ثقل الصناديق ومدى الرفع، يزداد الشغل المبذول، (الشغل = القوة × المسافة).



كيلوغرام من البندورة (الطماطم)
٢٤ غرام من الشوكولاته بالحليب (باللين)

طاقة الأغذية

لا يمكنك العيش بدون الطاقة التي تحصل عليها يومياً من طعامك. لكن الإفراط في تناول الطاقة قد يضر كفاءتها. أنواع الأغذية المختلفة تحوي كميات مختلفة من الطاقة. فالطاقة المتوفرة في ٢٤ غراماً من الشوكولاته بالحليب مثلاً، تعادل الطاقة المتوفرة في كيلوغرام واحد من البندورة الطازجة.

طاقة طبيعية

تستخدم خنفساء الروث الطاقة المخزونة في عضلاتها لتبذل شغلاً - في هذه الحالة، دفع كرة الروث صعداً فوق منحدر. فكلما ازداد ثقل الكرة وازداد مدى رفعها، يزداد الشغل الذي تبذله الخنفساء، وتزداد الطاقة التي تستهلكها.



الجول

يستخدم الجول كوحدة شغل، كما هو وحدة طاقة. والجول هو الشغل المبذول عندما تُحرَّك قُوَّة، مقدارها نيوتن، شيئاً مسافة متر في اتجاهها.



احتياجاتنا من الطاقة

نقاس الطاقة بالجول، لكن الجول وحدة صغيرة؛ لذا يُستخدم الكيلوجول (كج = ١٠٠٠ جول) كوحدة لقياس كمية الطاقة في طعامنا؛ كما تُستخدم أيضاً وحدة الكيلوكالوري (ككال = ٤,٢ كيلوجول). الذكور والإناث من مختلف الأعمار يستهلكون كميات مختلفة من الطاقة كل يوم، تبعاً لنوع عمل كل منهم. فالصبي الراشد مثلاً، يحتاج إلى حوالي ١٢,٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال) من الطاقة يومياً، بينما تحتاج الفتاة إلى حوالي ١٠,٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال).



عامل يشتغل - ١٦٨٠٠ كج (أو ٤٠٠٠ ككال)

ولف - ٦٦٢٠ كج (أو ١١٠٠ ككال) ولد - ٨٤٠٠ كج (أو ٢٠٠٠ ككال) فتاة - ١٠٥٠٠ كج (أو ٢٥٠٠ ككال) فتى - ١٢٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال) امرأة - ٩٢٠٠ كج (أو ٢٢٠٠ ككال) رجل - ١٢٦٠٠ كج (أو ٣٠٠٠ ككال)

جيمس جول

العالم الإنكليزي

جيمس جول

(١٨٨٩-١٨١٨) كان

من أوائل من أدركوا

أن الشغل يُولد حرارة،

وأن الحرارة شكل من

أشكال الطاقة. فقد أدار جول مغاديف

خاصة في وعاء به ماء، فلاحظ أن الماء يسخن،

وأنه كلما ازداد تدوير المغاديف، وبالتالي

الشغل المبذول، ازدادت سخونة الماء.

فأدرك أن الشغل يحول الطاقة الحركية إلى طاقة

حرارية. كان جول مُعزماً بإجراء

الاختبارات، وقد وجد بالاختبار مرة أن درجة

حرارة الماء، في أسفل الشلال، أزيد منها في

أعلاه، مما يثبت أن طاقة المياه الساقطة

تتحول إلى حرارة.



أشكال الطاقة

الجسم المتحرك له طاقة اكتسبها نتيجة لحركته؛ فطاقة الحركة من سيارة متحركة قد تهدم جداراً من الطوب. أما الطاقة التي اكتسبها الجسم نتيجة لوضعه، كما السد العالي مثلاً، فهي طاقة الوضع؛ وهي طاقة كامنة يمكن أن تتحول إلى طاقة حركية. الطاقة الكيميائية هي شكل من أشكال الطاقة الكامنة المخزنة في التركيبة الكيميائية لبعض الأشياء كالنباتات والنقطة والفحم والبطاريات. وأكثر أشكال الطاقة، تعدد استعمال، هي الطاقة الكهربائية إذ يمكن تحويلها بسهولة إلى أشكال أخرى من الطاقة: ضوءاً أو صوتاً أو حرارة.

التلفزيون النقالي هذا يعمل بطاقة كيميائية، مخزونة في بطارياته، تتحرر عندما يسري تيار كهربائي عبره لتنتج حرارة وضوءاً وصوتاً.



في عضلات القطيفة طاقة مخزونة تستخدم الهزة بعضها لتسلق الشجرة. وخلال التسلق تزداد طاقتها الكامنة الثقالية - بحيث يمكنها السقوط! وبسقوطها تكتسب القطيفة طاقة حركية.



عقريث الغلبة يكتسب طاقة كامنة مخطوطة عندما يُكبس داخل الغلبة.

طاقة الحركة

استخدمت الطواحين الهوائية أصلاً لتدوير آلات كالتاحون مثلاً. فيدوران أسرعها تحرك طاحونة الهواء الرحي، مُحولة طاقة حركية الرياح إلى حركة حجر الرحي. تتناسب طاقة حركة الجسم طردياً مع كتلته ومربع سرعته. فإذا تضاعفت كتلة الجسم، تضاعفت طاقة حركته، أما إذا تضاعفت سرعته، فإن طاقة حركته تزداد أربع مرات.



في أوراق النبتة ومختلف أجزائها طاقة مخزونة يمكن إطلاقها إذا تغير التركيب الكيميائي للنبتة، كان تحرق أو يلتهمها حيوان مثلاً، فتنتج طاقة ضوئية أو حرارية.



عند رفع غطاء الغلبة يندفع العقريث قفزاً بتحويل طاقته الكامنة إلى طاقة حركية.

جيمس واط

جيمس واط (١٧٣٦-١٨١٩)، مخترع اسكتلندي عمل صانع أدوات بجامعة غلاسكو وهو في سن العشرين. وبينما كان يُصليح نموذج محرك بخاري، ارتأى إمكانية تحسينه فيما لو شغل بأسطوانتين. وقد صنع محركاً بخارياً مُحسناً بالحجم الطبيعي، فكان أعلى قدرة وأجدي اقتصادياً من المحركات السابقة بكثير. ولم يمض طويل وقت حتى عم استخدام محركاته في المصانع والمناجم الإنكليزية كافة، كما صُدرت إلى أوروبا وأمريكا الشمالية.



يحتاج إلى ولدين لرفع الثقل بالسرعة التي يرفع بها الرجل.



رفع الأثقال

القدرة هي معدل بذل الشغل، أو مقدار السرعة التي يتحول فيها شكل من الطاقة إلى آخر. الرجل أشد قدرة من الولد، فهو يستطيع رفع الثقل بسرعة، لكن الولد إن استطاع ذلك فيبطء. وحده قياس القدرة الواط، وقيمه جول في الثانية.

الطاقة الكامنة

الطاقة الكامنة هي الطاقة التي اكتسبها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته. فعقريث الغلبة مثلاً، يكتسب طاقة كامنة عندما يُضغَط داخل الغلبة. ومن أنواع الطاقة الكامنة الطاقة الكامنة الثقالية (لجسم مرفوع)، والطاقة الكامنة المرونية (لجسم مرن ممتد أو مضغوط)، والطاقة الكامنة الكهربائية (لجسم قرب شحنة كهربائية)، والطاقة الكامنة المغناطيسية (لقطعة من الحديد قرب مغناطيس).

لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الحرارة ص ١٤٠
- المحركات ص ١٤٣
- مصادر الكهرباء ص ١٦٠
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

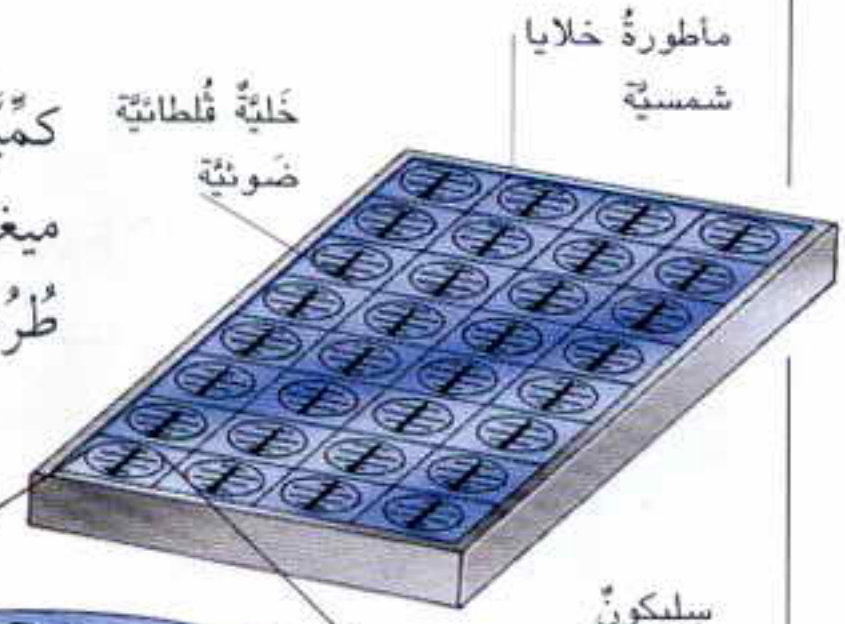
مصادر الطاقة

كمية الطاقة التي تصل الأرض من الشمس ضخمة (حوالي 3×10^{14} ميغاواط ساعة سنوياً). وقد قدر أحدهم الطاقة الساقطة على طرقات الولايات المتحدة في سنة واحدة بضغف الطاقة المنتجة من الفحم والنّفط سنوياً في سائر أقطار العالم. وتصلنا طاقة الشمس في ظواهر متعددة - كالرياح والأمواج مثلاً، أو كطاقة شمسية مباشرة. وتنحصر أشكال الطاقة التي ليست الشمس مصدرها في الطاقة النووية، والطاقة الكيماوية في البطاريات الكهربائية، وطاقة المدّ والجذر، والطاقة الحرارية الأرضية الجوفية. مصادر الطاقة بعضها متجدد لا ينضب، وبعضها الآخر، كالنّفط والفحم لا يتجدد، وهو آيل حتماً للنفاد.



طاقة الكتلة الحيوية

الطاقة المستمدة من المنتجات العضوية للكائنات الحية كالحطب والجلّة مثلاً، تدعى طاقة الكتلة الحيوية. ويستخدم نصف سكان الأرض تقريباً أحد أشكال هذه الطاقة في الطبخ والتدفئة والإضاءة. هذا الرجل من الهند يستخدم الغاز الحيوي للطبخ. وهذا الغاز هو مزيج من الميثان وثنائي أكسيد الكربون ينتج من تعفن الفضلات أو تخمر روث الحيوانات.



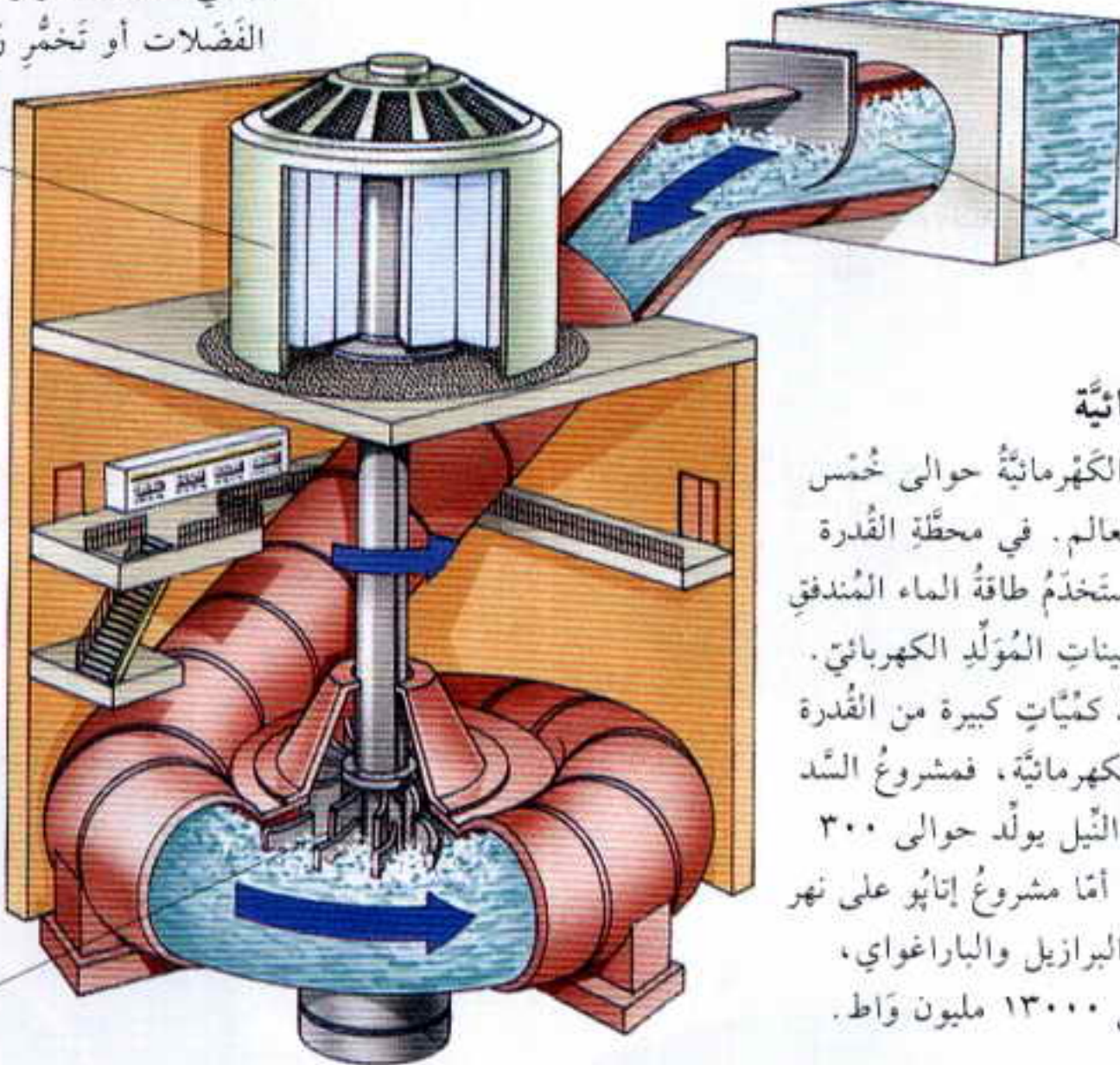
تحويل ضوء الشمس إلى طاقة

الشمس مصدر طاقة مهم متجدد وغير ملوث. يمكن تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كهربائية مباشرة داخل خلايا (شمسية) قلطانية ضوئية. وتستخدم هذه الخلايا في الحاسبات والمنازل الراديوية ومحطات الوصل التلفونية العاملة بالطاقة الشمسية في المناطق النائية، كما في السواحل الفضائية، وفي الطائرات الملاحية في غرض المحيطات.



القدرة المائية

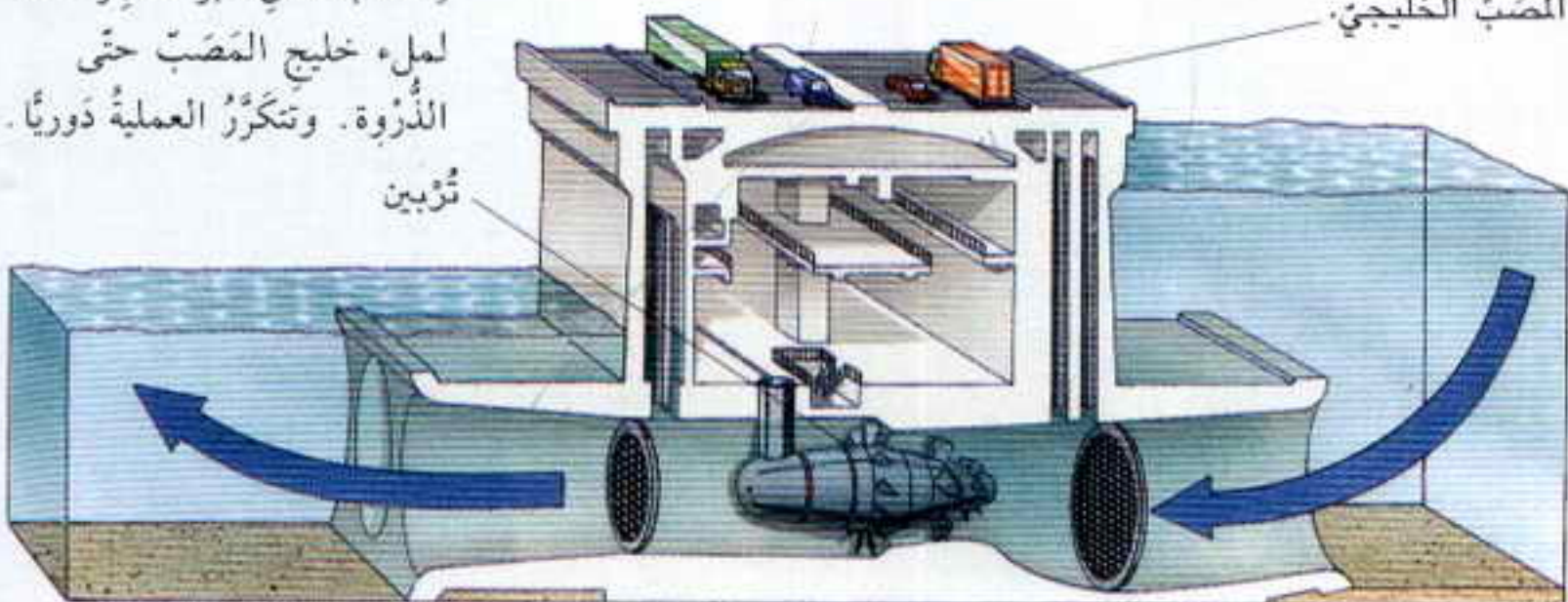
توفر الطاقة الكهربائية حوالي خمس الطاقة في العالم. في محطة القدرة الكهربائية تستخدم طاقة الماء المندفق في تسيير تربينات المولد الكهربائي. ويمكن توليد كميات كبيرة من القدرة بالمشاريع الكهرومائية، فمشروع السد العالي على النيل يولد حوالي ٣٠٠ مليون واط، أما مشروع إتاو على نهر بارانا، بين البرازيل والباراغواي، فيولد حوالي ١٣٠٠٠ مليون واط.



قدرة المدّ

بُنيت أولى كُبريات محطات القدرة المدّ جزرية في العالم عبر المصبّ الخليجي لنهر رانس في برتاني، بفرنسا؛ وتستطيع إنتاج ٢٤٠ مليون واط - تُسدّ احتياجات مدينة سكانها ٣٠٠,٠٠٠ نسمة. عند الجذر، يحصر الماء داخل السد على مستوى ذروة المدّ. وعندما يصل الفرق في مستوى الماء ٣ أمتار، يُسمح للماء بالتدفق من السد نحو البحر، ماراً عبر ٢٤ تربيناً ضخماً لتسيير مولدات الكهرباء. وعند عودة المدّ، يُسمح للماء بالتدفق عبر حاجز السد لملء خليج المصبّ حتى الذروة. وتكرّر العملية دورياً.

صريق سيارات فوق المصبّ الخليجي.



الصخور الحارة

تبلغ حرارة بعض الصخور في القشرة الأرضية ١٠٠٠°س، مما يجعل جوف الأرض مخزناً هائلاً للطاقة الحرارية الأرضية. بعض هذه الطاقة يصل إلى سطح الأرض طبيعياً كخفات المياه الحارة أو فوارات البخار. وفي بعض المناطق يُضخّ الماء إلى باطن الأرض ليُسَخَّن ثم يُعاد للإفادة من طاقته الحرارية. وتُستغل الطاقة الحرارية الأرضية في قرابة ٢٠ بلداً في العالم للتدفئة أو لتوليد الكهرباء.



داخل محطة لتوليد القدرة

تحتوي محطة توليد القدرة العاملة بالزيت أو الفحم قوتاً حيث يُحرق الوقود لتسخين الماء وإنتاج البخار. وهذا البخار يُدير تربين مولد كهربائي. ومن المولد تُرسل الكهرباء عبر كبلات شبكة التوزيع إلى المنازل والمكاتب والمصانع. والبخار يمرّ عادةً عبر ثلاثة تربينات على التوالي، حتى تُستنفذ كل طاقة قبل أن يُعاد ليتكثف ماء في المكثف.

مولد كهربائي ضخم

يقلّت بعض من الحرارة عبر المبخنة.

بُرج التبريد

المحول يُحوّل القلطيّة قبل توزيع التيار على المنازل والمصانع.

المكثف

الفرن

يشري الماء من المكثف إلى أبراج التبريد حيث يزد في الهواء ليبرد.

لتسريع الاشتعال يُسخن الفحم في طاحون ويُندّر سحقه في الفرن حيث يشتعل بتوهج.

ونفاذ مخزون الفحم العالمي خلال ٢٥٠ سنة.

ونفاذ مخزون الغاز العالمي خلال ٦٠ عاماً.

يتوقع الخبراء نفاذ احتياطي النفط العالمي خلال ٤٠ عاماً.

الوقود الأحفوريّة

الفحم والغاز الطبيعي والنفط وقود أحفوريّة لأنها بقايا نباتات وحيوانات اندثرت منذ زمن بعيد. وهي وقود سهلة الاستعمال وفيرة القدرة، لكنّ اشتعالها يُطلق ثاني أكسيد الكربون في الجو ممّا يزيد الحمم العالمي بظاهرة الدفيئة. إنّ معدّل استهلاك هذه الوقود يتزايد بسرعة، علماً أنّ مخزونها العالمي محدود كمّاً. وحتى لو استمرّ الاستهلاك بالمعدّل الحالي، فإنّ مجمل مخزونها في العالم لن يكفي لأكثر من ٢٥٠ سنة.

مصادر الطاقة

١٠٠ ح استخدم الرومان الفحم وقوداً.
٦٥٠ ح استخدمت الطواحين الهوائية في بلاد فارس.

١٨٥٩ حُفرت أول بئر للنفط في بنسلفانيا، بالولايات المتحدة.

١٨٨٠ بُنيت أول محطة لتوليد الكهرباء في لندن بانكلترا.

١٨٩١ عُرضت أول محطة قدرة كهربائية في ألمانيا.

١٩٥١ توليد الكهرباء للمرة الأولى بالطاقة النووية في الولايات المتحدة.

١٩٦٠ بُنيت أول محطة قدرة حرارية شمسية في تركمنستان بالاتحاد السوفياتي السابق.

١٩٦٨ دُشنت أول محطة قدرة مدريّة في فرنسا.

الطاقة في المنازل

يستهلك منزل عادي في سنة واحدة خمسة أضعاف الطاقة التي يبذلها جميع المتسابقين في سباق ماراتوني (مداه ٤٢,٢ كلم). المصدر الأساسي للطاقة في المنازل هو الكهرباء، لكنّ يُستخدم أيضاً الفحم والغاز والزيت والخطب. وقد تستخدم بعض المنازل الحديثة السخانات الشمسية لتسخين الماء. والسخان الشمسي هو صندوق ذو واجهة زجاجية في داخله أنابيب مطلية بدهان أسود - لأن اللون الأسود يمتص حرارة الشمس فيسخن الماء الساري في الأنابيب.

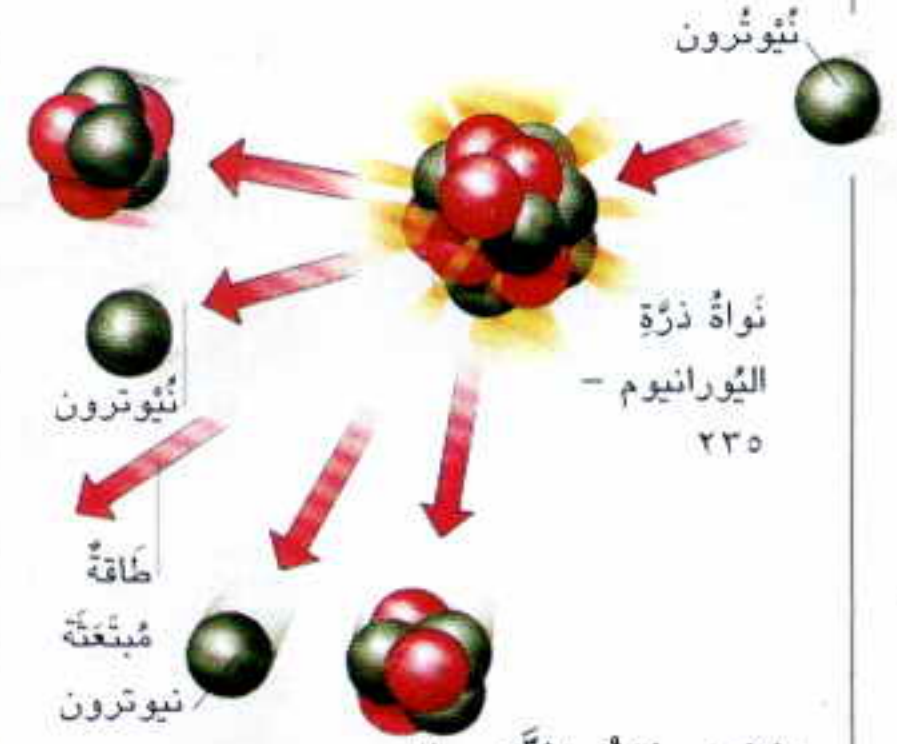


لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- المحركات ص ١٤٣
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- موارد الكهرباء ص ١٦٠
- الصخور المتحوّلة ص ٢٢٤
- الأمواج والمدّ والتيّارات ص ٢٣٥
- الجو ص ٢٤٨
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

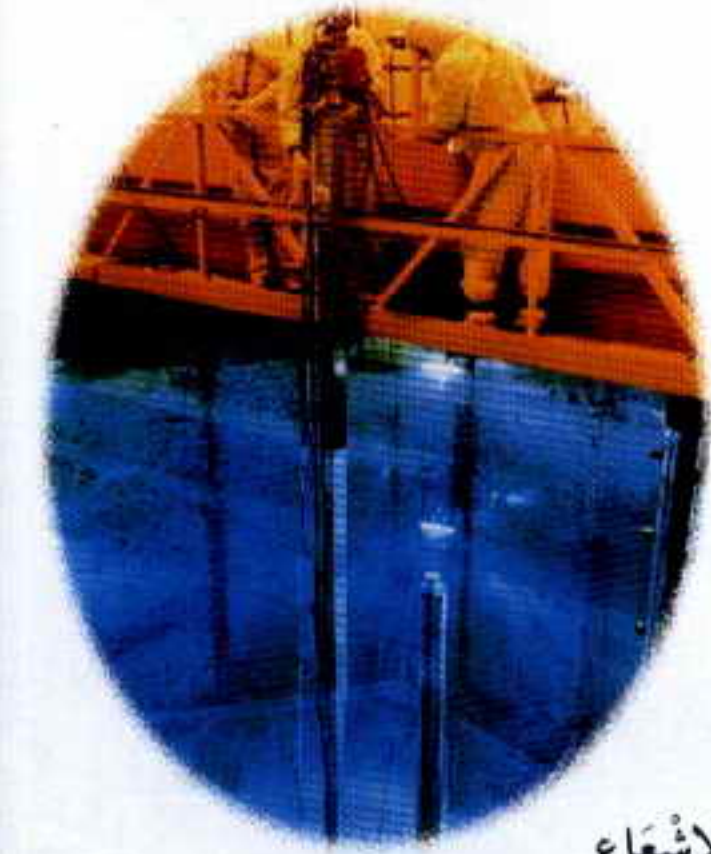
الطاقة النووية

تحتوي الذرة قدرًا هائلًا من الطاقة - هو طاقة نووية - نتيجة للقوى الشديدة الرابطة بين جسيمات نواتها. وتحدث التفاعلات النووية طبيعيًا، وهي التي تكسب الشمس قدرتها. وقد حاول العلماء تسخير الطاقة النووية، وقد نجحوا بتحقيق ذلك فقط من ذرات بعض العناصر - كاليورانيوم والبلوتونيوم والديوتيريوم (الهيدروجين الثقيل). إن الطاقة التي يمكن الحصول عليها من كيلوغرام واحد من الديوتيريوم تعادل الطاقة المنتجة من ثلاثة ملايين كيلوغرام من الفحم. هناك طريقتان أساسيتان لإطلاق الطاقة النووية: الانشطار النووي - حيث تنفلق نواة الذرة؛ والاندماج النووي - حيث تندمج نواتا ذرتين أو أكثر.



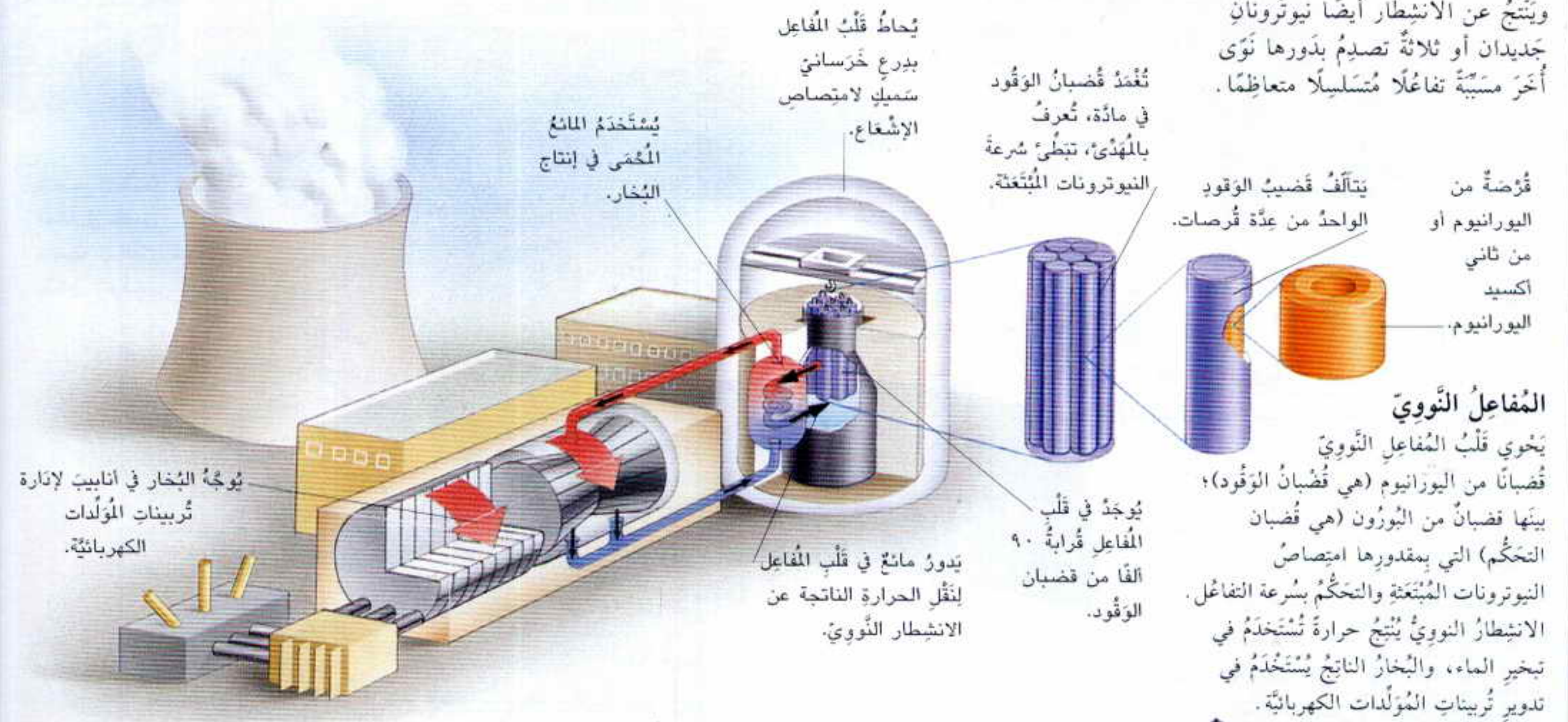
الانشطار النووي

نواة الذرة مُحاطةٌ بالكتروناتٍ تدور بسرعات هائلة في مداراتٍ مُحددة تولّد غلافًا لا يمكن اختراقه عادة. لكن باستطاعة نيوترونٍ عالي السرعة، مُندفعًا بعنف، اختراق هذا الغلاف لتمتصه النواة. وإذا كانت النواة غير مستقرة، فإنها ستنفلق شظيرتين، ويُعرف هذا بالانشطار النووي. وينتج عن الانشطار أيضًا نيوتروناتٍ جديدةٍ أو ثلاثة تصدّم بدورها نوى أخرى مسببة تفاعلًا متسلسلاً متعاظماً.



الإشعاع

في الصورة أعلاه، يُعدّ العمّال لاستبدال قضيب وقود من قلب المفاعل النووي، وقد غُمر هذا بالماء إلى عمق ١٠,٥ م للمحافظة على سلامتهم من الإشعاع. أمّا الوقع الأزرق فعاثد إلى كون الجسيمات المشحونة العالية الطاقة تسير في الماء بسرعة تفوق سرعة الضوء فيه.



المفاعل النووي

يحتوي قلب المفاعل النووي قضباناً من اليورانيوم (هي قضبان الوقود) بينها قضبان من البلوتونيوم (هي قضبان التحكم) التي بمقدورها امتصاص النيوترونات المُبتعثة والتحكم بسرعة التفاعل. الانشطار النووي يُنتج حرارة تُستخدم في تبخير الماء، والبخار الناتج يُستخدم في تدوير تربينات المولدات الكهربائية.

النفايات النووية

قضبان الوقود في مفاعل نووي تُستهلك بعد حين وينبغي استبدالها. وهي نفايات خطيرة عالية الإشعاعية. والنفايات النووية تبقى ذات فاعلية إشعاعية حتى بعد ٢٥,٠٠٠ سنة، ويجب التخلص منها بحذر شديد. ويمكن تخزينها مُركزة في خزانات من التولايد الذي لا يصدأ، مُحاطة بالخرسانة. أمّا النفايات الأكثر خطورة فتُحصر داخل كُتل زجاجية يُحفظ لتخزينها عميقاً في مناجم مهجورة تحت الأرض.



تحويل الكتلة إلى طاقة

كتلة النواتج في تفاعل نووي أقل من الكتلة البدئية للمُتفاعلات - يعني أن جزءاً من الكتلة يتلاشى في التفاعل. وقد بين ألبرت أينشتاين أن الكتلة المُتلاشية تتحوّل إلى طاقة بمُقْتَضَى المعادلة:

$$E = mc^2$$

حيث «ط» هي الطاقة الناتجة، «ك» الكتلة المُتلاشية، و «س» سرعة الضوء. وحيث إن قيمة «س» كبيرة جداً، فإن النقص الكتلي الضئيل يُولّد كمية هائلة من الطاقة. إن تحويل كيلوغرام واحد من المادة إلى طاقة ينتج ما يعادل طاقة زلزال شديد كالذي حصل في مدينة مكسيكو عام ١٩٨٥ وأحدث دماراً فادحاً كما ترى في الصورة.



الأسلحة النووية

تكتسب القنبلة الذرية طاقتها من الانشطار النووي اللامحكوم. فإذا جمعت كميتان من نظير اليورانيوم - ٢٣٥ أو نظير البلوتونيوم - ٢٣٩ معاً لتكوين كتلة فوق الحرجة يحدث الانفجار. أما القنبلة الهيدروجينية فتكتسب طاقتها من الاندماج النووي؛ وهي في الواقع قنبلة ذرية مُحاطة بالديوتريوم. فعندما تنفجر القنبلة الداخلية، تولّد درجة حرارة هائلة تجعل نوى الديوتريوم تندمج بطاقة أعظم. في الصورة المقابلة منظرٌ لمدينة هيروشيما في اليابان بعدما أسقطت عليها قنبلة ذرية عام ١٩٤٥.



تسخير الاندماج النووي

حتى الآن، لمّا يُستخدم الاندماج النووي عملياً على الأرض للحصول على الطاقة. معظم الأبحاث الاندماجية النووية تستخدم مكنة تُسمى «توكاماك»؛ وهي تضمّ وعاءً حلقيًا يحوي الغاز المراد تدميجه على شكل بلازما. ويجب إحماء البلازما إلى درجة حرارة تبلغ عدّة ملايين من الدرجات قبل إحداث الاندماج. وحيث إنه ليس باستطاعة أي وعاء احتمال درجات الحرارة هذه تُستخدم مجالاتٌ ومغناطيسيةٌ لحصر البلازما بعيداً عن جدران الوعاء.

الطاقة النووية

١٩٠٥ بين الفيزيائي الألماني ألبرت أينشتاين أنه يمكن تحويل الكتلة إلى طاقة.

١٩١٩ أعلن النيوزيلندي أرنست رذرفورد عن فلقه لنواة ذرة الليثيوم. ١٩٣٩ أعلن العالمان الألمانيان أوتو هاهن وفرنر ستراسمان اكتشاف الانشطار النووي.

١٩٤٢ بنى الإيطالي، أنريكو فرمي، أول مُفاعل نووي في جامعة شيكاغو بالولايات المتحدة.

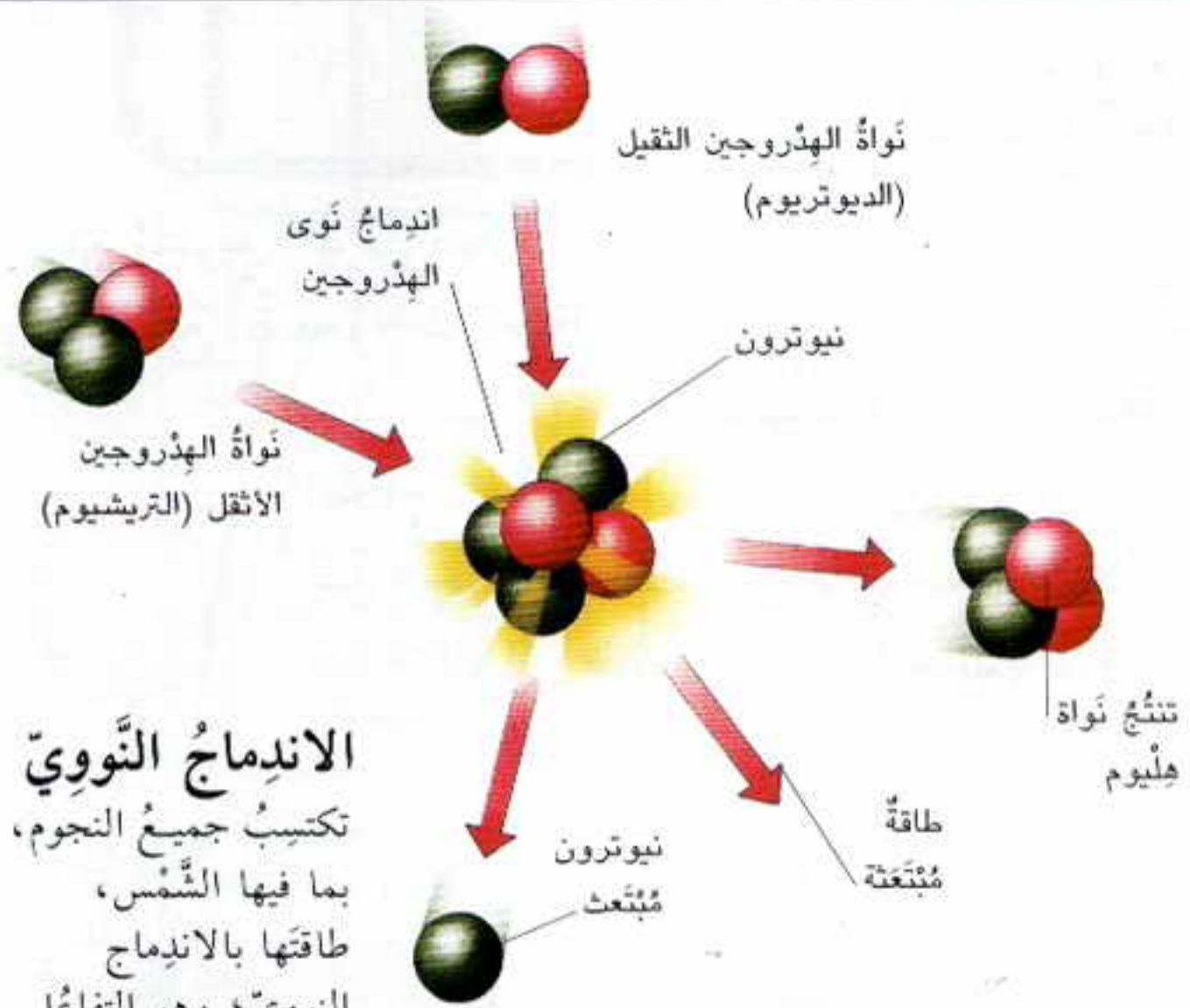
١٩٥١ توليد كهرباء بالطاقة النووية لأول مرة بواسطة مُفاعل مُولّد اختباري في أيداهو، بالولايات المتحدة.

١٩٥٦ بدأت أول محطة قدرة نووية تجارية بالعمل في كالدر هول، بإنكلترا. ١٩٨٦ انفجار مُفاعل شرنوبيل، بروسيا، أطلق سُحباً من المواد المشعة وصلت إلى أسوج.

١٩٩١ أول اندماج نووي مُتحكّم به في مختبر جت (الطوروس الأوروبي المشترك) في أكسفورد، بإنكلترا.

ليز مايتنر

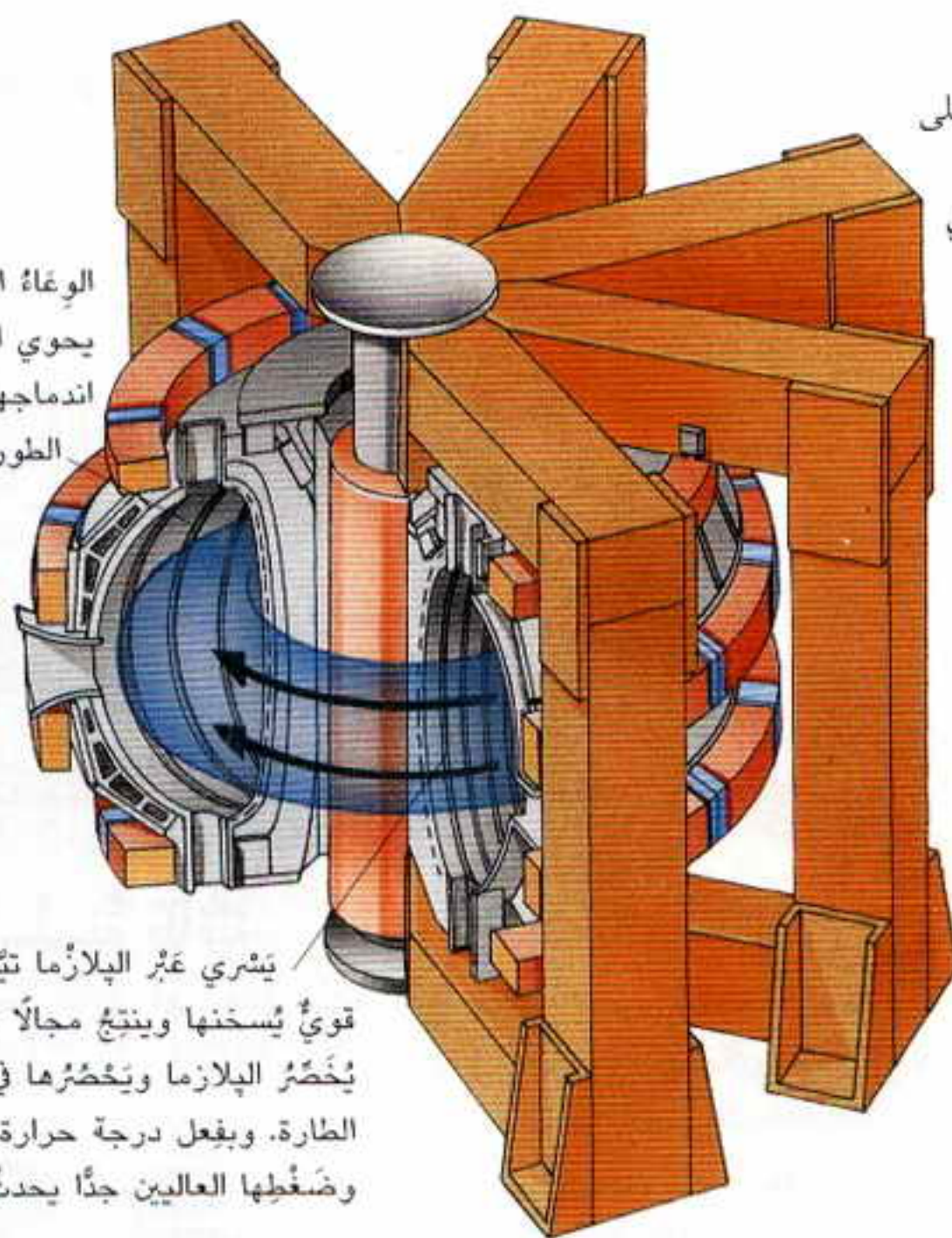
عملت ليز مايتنر (١٨٧٨-١٩٦٨)، النمساوية المولدة، في برلين منذ العام ١٩٠٧ مع الفيزيائي الألماني أوتو هاهن. وفي عام ١٩٣٨، اضطرت للفرار من الحكم النازي إلى أسوج. وبعد مُضي بضعة أشهر على وجودها في أسوج، أعلمها هاهن عن بعض نتائج مُحيرة، توصّل إليها في إحدى التجارب مع ألماني آخر هو فرنر ستراسمان. فأدركت مايتنر أنّ هاهن قد حقّق فلق نواة اليورانيوم؛ أي إنه اكتشف الانشطار النووي. وعندما أعلن هاهن الاكتشاف، لم يُشر إلا بقليل من الفضل لفطنه مايتنر ونفاذ بصيرتها. وفي عام ١٩٤٤، مُنح هاهن جائزة نوبل، دون أن تقاسمه مايتنر ذلك الشرف.



الاندماج النووي

تكتسب جميع النجوم، بما فيها الشمس، طاقتها بالاندماج النووي؛ وهو التفاعل الذي تندمج فيه نواتان أو أكثر. ففي الشمس مثلاً، تندمج نوى الهيدروجين لإنتاج نوى الهيليوم، والنقص الكتلي في هذه العملية يتحوّل إلى طاقة.

الوعاء الحلقي الذي يحوي البلازما المراد اندماجها يُسمى الطوروس «الطارة».



مُسارعُ الاندماج

وتُبدلُ جهودٌ أخرى لإنتاج اندماج نووي مُحكّم في مكنات تسمى مُسارعات الحزم الجسيمية التي يُعتبر مُسارعُ ألوكيركه، بالولايات المتحدة أعظمها قدرة. هذا المُسارعُ، المُركّز في خزان ماء، يُوجّه نبضة كهربائية قدرتها ١٠٠ ترليون واط نحو كُرَيّة من غاز الديوتريوم بحجم حبة البسلي. عند إطلاق الحزمة يُعبرُ سطح الماء شررٌ كهربائي تُحمي الغاز إلى ملايين درجات الحرارة لبضعة أجزاء اللّيون من الثانية - وهي بُعدٌ غير كافٍ ليدّ تفاعل الاندماج، لكنّ البحث والتجارب مُستمرة.

لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- النشاط الإشعاعي ص ٢٦
- السرعة ص ١١٨
- مُصادِرُ الطاقة ص ١٣٤
- تحوّلات الطاقة ص ١٣٨
- الكهرباء الثّيارية ص ١٤٨
- المغناطيسية ص ١٥٤
- النجوم ص ٢٧٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

تحوّلات الطاقة

في التفريغ البرقي تتحوّل الطاقة الكهربائية بمشهدٍ مُثيرٍ إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وصوتيةٍ وحراريةٍ. والواقع أنّ تحوّلات الطاقة من شكلٍ إلى آخرٍ جاريةٌ حولنا باستمرارٍ. فعندما تضغطُ زرّاً كهربائياً، تتحوّل الطاقة الكهربائية فوراً إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وحراريةٍ. واليراعة (يرقانة الحُباب) تُحوّل الطاقة الكيميائية في غذائها إلى طاقةٍ ضوئيةٍ وإلى طاقةٍ حركيةٍ عند الحاجة. وأنت حين ترفعُ جسمًا ثقيلًا، تتحوّل الطاقة الكيميائية في عضلاتك إلى طاقةٍ كامنةٍ في الجسم المرفوع. فكلّما ازداد الشغل المبذول، تزداد الطاقة المحوّلّة.



تغيّرات الطاقة

في القوس المشدود طاقة مرونة كامنة، كما في نابض مضغوط. فحين يُسبّب

القوس، تتحوّل الطاقة الكامنة فيه إلى طاقة حركية في السهم المنطلق. وعندما يصيب السهم الهدف، نسمع زلّة؛ لقد تحوّلت طاقته الحركية إلى طاقة صوتية، وقليل من الطاقة الحرارية. الجدارية المصرية أعلاه تُمثّل الفرعون رمسيس الثاني.

في ساعة المنبّه، تتحوّل الطاقة الكامنة في الزنبرك المشدود لفاً إلى طاقة حركية في عقارب المنبّه، وإلى طاقة صوتية في تكاتيه. ويظل المنبّه يعمل حتى فقدان الطاقة



الكامنة في زنبركه.

إذا أكلت جُرّة، تنتقل الطاقة الكيميائية المخزّنة فيها إلى جسمك، وتُستخدَم في أنشطة عديدة كالتنفّس والحركة. وفي تدويرك ساعة المنبّه، تتغيّر الطاقة الكيميائية هذه إلى طاقة مرونة كامنة في زنبرك المنبّه.



أوراق الجُرّ الخضراء تُحوّل طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية في سكر الجُرّ بالتخليق الضوئي.



تُطلق بقيّة طاقة السهم الناري الكيميائية كطاقة ضوئية وصوتية عندما ينفجر في الجو.

سلسلة طاقة

هل تدري أنّ ساعة المنبّه، في حقيقة الأمر، تستمد قدرتها من الشمس؟ إنّ الطاقة نادراً ما تتحوّل مباشرة من شكلها الأولي إلى شكلها النهائي؛ بل تمرّ عادةً في سلسلة من التحوّلات. فطاقة الشمس تُنمي الغذاء؛ وبتناولنا هذا الغذاء نُخلّق مخزوناً من الطاقة الكيميائية، في أجسامنا، يُمكننا استخدام بعضه في تدوير ساعة المنبّه. وهذا يُكسب المنبّه طاقةً كامنةً يُحوّلها بدوره إلى حركية وطاقة صوتية.

السهم الناري، قبل إطلاقه، يحوي كمّيّة كبيرة من الطاقة الكيميائية، لكن لا طاقة وضع. عند إشعال السهم الناري ينبعث منه دُفق من الغازات الحارّة إلى أسفل ممّا يدفعه بقوة زوّ الفِعل، إلى أعلى.



اللورد كلفن

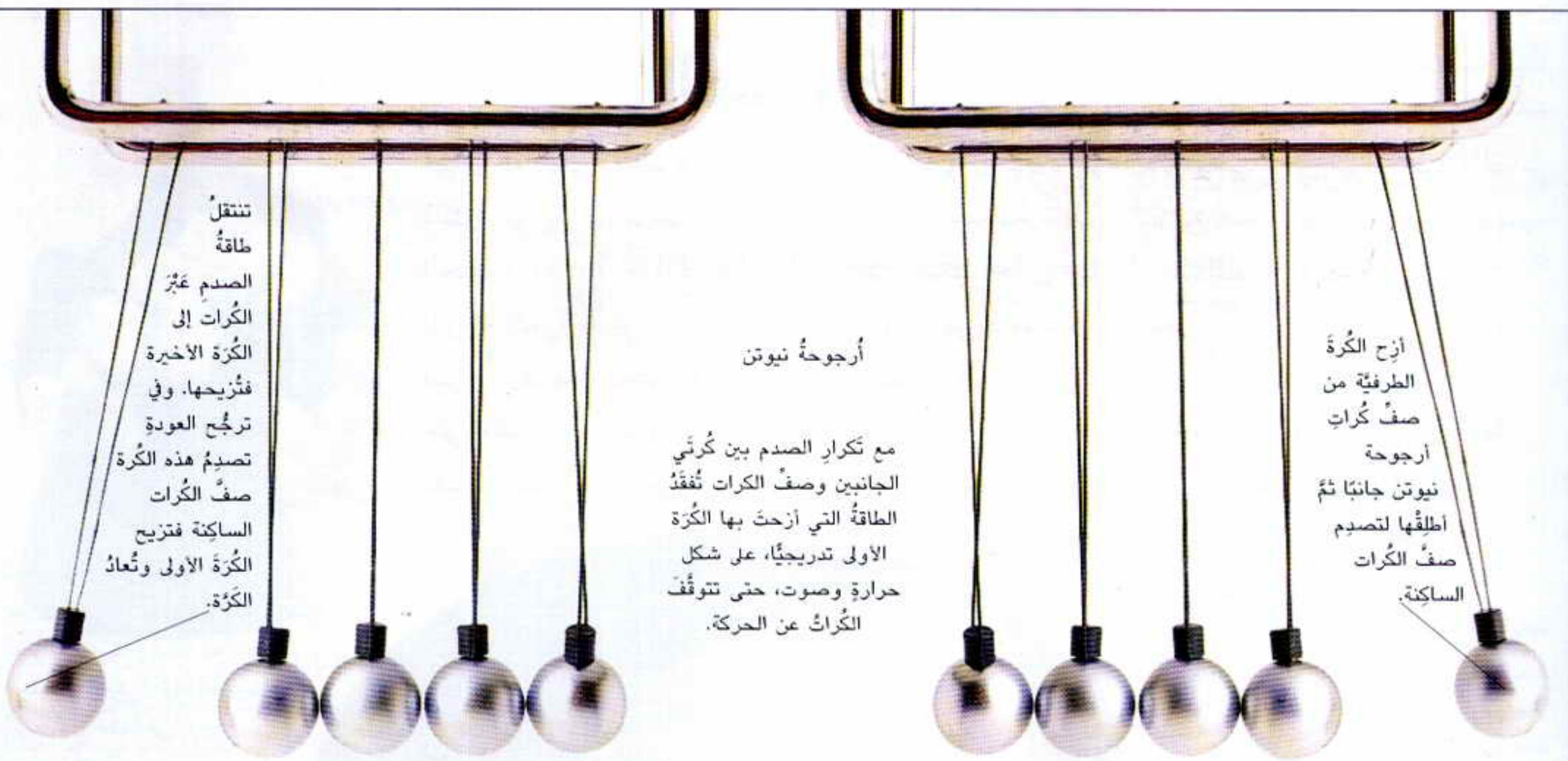
وليم طومسون (١٨٢٤-١٩٠٧)، رياضي وفيزيائي بريطاني، وُلِد في بلفاست بايرلندا الشمالية. دخل جامعة غلاسغو في العاشرة من عمره وأصبح أستاذاً في الثانية والعشرين. أسهم في تأسيس علم الديناميَّات الحرارية، فأرسيّ علاقات مُحَدَّدة بين الحرارة والشغل والطاقة. كما اخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة - مقياس كلفن - وحقق اكتشافاتٍ مهمّة في مجالَي الكهرباء والمغناطيسية. حظي بتكريم الملكة فيكتوريا فأصبح لقبه اللورد كلفن.

السهم الناري المنطلق إلى أعلى فيه، إلى جانب طاقتي الحركة والوضع، طاقة كيميائية. وكلّما ارتفع تزايد طاقته الكامنة، لكن ينخفض مخزونه من الطاقة الكيميائية باحتراق الوقود فيه.

طاقة المتفجرات

المتفجرات مخزونات عالية القدرة من الطاقة الكيميائية. وهي لا تحوي بالضرورة طاقة أكثر من غيرها من المواد لكنّها تتميز بقدرتها على إطلاق هذه الطاقة بسرعة فائقة. الأسهم النارية تحوي متفجرات؛ فعندما يُشعل الصاروخ منها، يرتفع في الجو ثم ينفجر في عرض بهيج الألوان. فالطاقة الكيميائية في المواد المتفجرة تحوّلت إلى طاقة حركية وحرارية وصوتية وضوئية.





تنتقل
طاقة
الصدم عبر
الكرات إلى
الكرة الأخيرة
فتزيعها. وفي
ترجح العودة
تصدم هذه الكرة
صف الكرات
السائكة فتزيع
الكرة الأولى وتعاود
الكرة.

أرجوحة نيوتن

مع تكرار الصدم بين كرتي
الجانبين وصف الكرات تُفقد
الطاقة التي أزعجت بها الكرة
الأولى تدريجيًا، على شكل
حرارة وصوت، حتى تتوقف
الكرات عن الحركة.

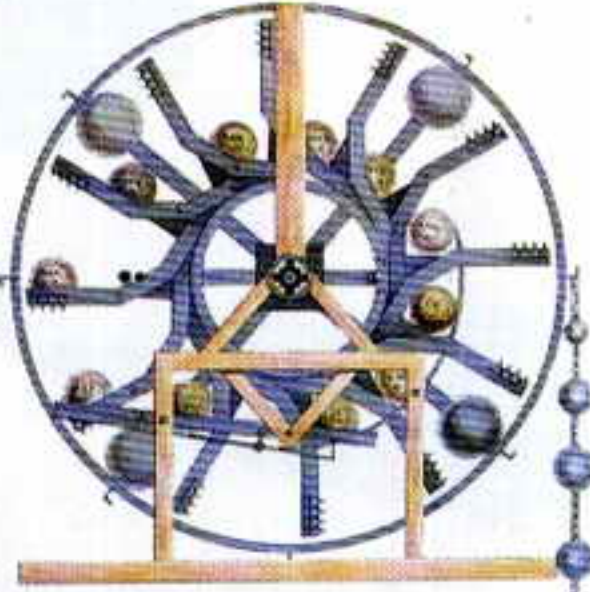
أزح الكرة
الطرفية من
صف كرات
أرجوحة
نيوتن جانبًا ثم
أطلقها لتصدم
صف الكرات
السائكة.

بقاء الطاقة

من المبادئ الفيزيائية الأساسية أن الطاقة لا تُخلق ولا تُفنى، إنما هي تتحول (أو تُحوّل) من شكل إلى آخر. وخلال عملية التحول هذه يتبدّد بعض الطاقة كحرارة - بحيث يبقى مجمل الطاقة الناتج (مع الحرارة المبددة) مساويًا للطاقة المحوّلّة (أو المتحوّلة). ويتمثل هذا المبدأ في أرجوحة نيوتن حيث يضع بعض الطاقة، كصوت وحرارة، تدريجيًا، بينما تستمر كرات الجانبين بالترجّح المتناقص والصدم لفترة حتى تتوقف عن الحركة.

الحركة الدائمة

حاول الكثيرون على مرّ الزمن تصميم
مكنات تعمل باستمرار دون مصدر
للطاقة - أي مكنات دائمة الحركة،
وهو حلم يستحيل تحقيقه؛ فلا بدّ لأيّ
مكنة حقيقية من مصدر طاقة دائم؛
وليس هذا فقط، بل إنّ طاقة الدّخل
في أي مكنة هي دائماً أكبر من طاقة
خارجها.



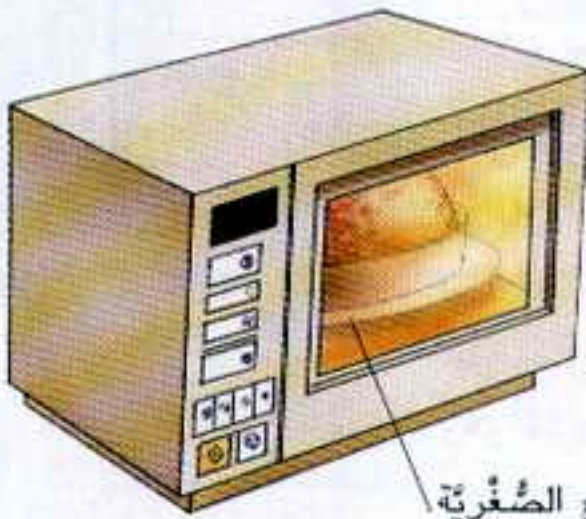
عام ١٨٣٤ اقترح أحداهم تصميمًا
لمكنة دائمة الحركة - على افتراض أنّ
ثقل الكرات المتحركة على امتداد الأذرع
سيُثقي الدوّالَ دائرًا باستمرار.

الطاقة المفيدة

يُبدّد القطار البخاري بعض الطاقة الحرارية عبر
مدخنته؛ ومن العسير استخدام هذه الطاقة
لتشغيل شيء آخر. فالحرارة المبددة
طاقة عديمة الجدوى وخفيضة
النوعية. بالمقارنة فإنّ الطاقة
الكهربائية طاقة مُجدية وعالية
النوعية. والمعروف أنّه كلّما يتغيّر
شكل الطاقة فإنّ بعض الطاقة العالية
النوعية يُضيع. وهذا يعني أنّ كمّيّة الطاقة
المُجدية في الكون هي دومًا في انخفاض.



الفرن العادي يستهلك طاقة
ثمينة لإحماء الكفت أو القلاة.



فرن الأمواج الصغرية
(الميكرويف) لا يُبدّد طاقة في إحماء
الطبق، فهو يُسخّن الطعام فقط.



توفير الطاقة

يجب علينا المحافظة على مصادر الطاقة العالية
النوعية، كالكهرباء والنفط والغاز الطبيعي
والنفط، لأنّ مواردها محدودة. فاستخدام فرن
الأمواج الصغرية (الميكرويف) مثلاً، يوفر
الطاقة لأنّه يستهلك طاقة أقلّ من الفرن العاديّ
في إنضاج الطعام؛ والمُترّل الجيد العزل
الحراريّ يُدقّق بكميّة وقود أقلّ؛ وصيانة المكنات
جيدًا كفيلة بجعلها تعمل بكفاءتها القصوى.

كفاية (مردود) الطاقة

عندما نستخدم شكلًا من أشكال الطاقة للقيام بشغل
ما، يتبدّد جزء من الطاقة دائمًا على شكل حرارة
غالبًا. فصمجة الثور مثلاً لا تُحوّل من الطاقة التي
تستهلكها إلى طاقة ضوئية إلا قرابة ٥ بالمئة فقط،
والباقي يتحوّل إلى طاقة حرارية مهدورة. لذا نقول إنّ
كفاية الصمجة هي ٥ بالمئة. والواقع، أنّه لا يمكن
لأيّ محوّل طاقة أن تكون كفاءته ١٠٠ بالمئة.



البطاريات الجافة، كتلك المستخدمة
في مصباح الجيب، تبدّد
١٠ بالمئة فقط من
محتواها الطاقوي.



صمجة المصباح الكهربائي
تبدّد ٩٥ بالمئة من الطاقة
التي تستهلكها.

لمزيد من المعلومات انظر

- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الحرارة ص ١٤٠
- الكهرباء والتيارية ص ١٤٨
- الرعد والبرق ص ٢٥٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

الحرارة

كَمْ دَرَجَةُ الحرارة اليوم؟ للإجابة عن هذا السؤال بِدَقَّة، يُلزَمُكَ ترمومتر - أي ميزان حرارة لقياس ذلك. جميع الترمومترات مُدرجة بمقاييس تُستخدم نُقْطَتَيْن ثابتَتَيْن هما: دَرَجَةُ حرارة انصهار الجليد، ودَرَجَةُ حرارة غليان الماء على ضغط جويّ عياريّ. هنالك ثلاثة مقاييس مُهمّة لدرجة الحرارة هي: مقياس سيلسيوس ومقياس فرنهيت والمقياس المُطلق أو مقياس كلّفن. فدرجة انصهار الجليد على مقياس سيلسيوس هي صفر° س، ودرجة غليان الماء ١٠٠° س. على مقياس فرنهيت، درجة انصهار الجليد هي ٣٢° ف ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف. أمّا مقياس كلّفن فيبدأ من أدنى درجة حرارة مُمكنة نظريًا، وهي درجة الصفر المُطلق؛ والدرجة فيه مُساوية قَدْرًا للدرجة في مقياس سيلسيوس.



الترمومترات الطبيعية

أزهار الزعفران ترمومترات طبيعية تتفتح وتتغلق عند ارتفاع درجة الحرارة وانخفاضها. وهي دقيقة للغاية، إذ تتأثر بفروق ضئيلة في درجة الحرارة تبلغ ٠,٥° س.

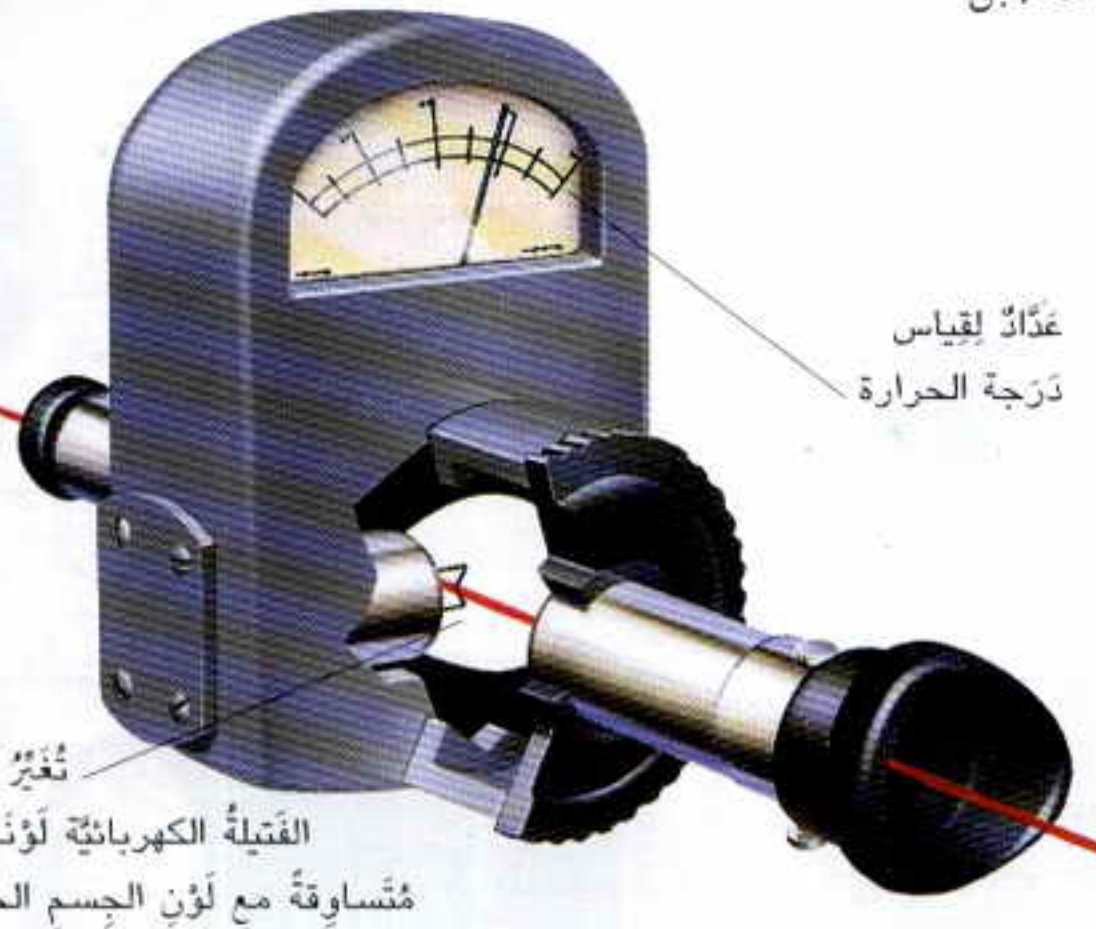


الحرارة ودَرَجَةُ الحرارة

هناك فرق بين الحرارة ودَرَجَةُ الحرارة. فدرجة الحرارة هي مقياس لِسُرعة تحريك جزيئات الجسم. أمّا الحرارة فهي طاقة الجسم المُكتسبة من تحريك جزيئاته. هناك كميّة من الحرارة في جبل جليديّ، مثلًا، أكثر بكثير ممّا في كوب ماء حارّ، بالرغم من درجة حرارته العالية؛ لأنّ جبل الجليد، رغم أنّه أبرد، فهو أكبر بكثير.

الصخور المنصهرة

اللابّة المنبثقة من البراكين هي صخور منصهرة درجة حرارتها تُقارب ٦٠٠° س. الصورة أعلاه لبركان في جزيرة هاواي بالمحيط الهادئ.



الفتيلة الكهربائية لونها متساوية مع لون الجسم الحار.

غبريال فرنهيت وأندرز سيلسيوس

غبريال دانيال فرنهيت (١٦٨٦-١٧٣٦) اخترع الترمومتر المعروف باسمه. وهو فيزيائي ألماني استقرّ في أمستردام بهولندا، وأمتحن صناعة الآلات. أمّا



أندرز سيلسيوس

أندرز سيلسيوس (١٧٠١-١٧٤٤) فقد اخترع المقياس المعروف باسمه، والمُتميز بالمدى المثويّ التدرج لقياس الفرق بين نُقْطَتَي تجمّد الماء وغليانه. كان سيلسيوس أستاذًا لعلم الفلك في أيسلندا بأسوج؛ وكان الشفق الشماليّ (الأضواء القطبية الشماليّة) موضوعه المُفضّل.

قياس دَرَجَات الحرارة العالية

يُستخدم البيرومتر في قياس دَرَجَات الحرارة العالية جدًا كدرجة حرارة اللابة المنبثقة من البراكين، أو درجة الحرارة داخل فرن صناعة الزجاج. بيرومتر لفظ يونانيّ تعني «قياس النار». تتوهج الأشياء بالوان مختلفة حسب درجة حرارتها. ويحوي البيرومتر فتيلة كهربائية يُسخنها تيار كهربائيّ حتى يتساوى لونها مع لون الجسم المُتوهج. ثمّ تُقاس درجة الحرارة بقياس هذا التيار.

ترموتر الكبس

تترتب جزيئات البلورات السائلة في صفوف منتظمة كما في البلورات الجامدة لكنها تتسب كالسائل. بعض هذه البلورات يتغيّر لونها تبعًا لدرجة الحرارة، فيستخدم في ترمومترات شريطية لأخذ درجة حرارة الأولاد والأطفال. فالحرارة تُعيد ترتيب الجزيئات مُيسرة بذلك مرور الضوء عبر السائل فتتوهج بلون مختلف تبعًا لدرجة حرارة الولد.

تأثيرات الحرارة

تمدد معظم المواد بالتسخين وتقلص عندما تبرد. فالجسر الفولاذي الذي طوله ١٤٠٠ م في الشتاء يزداد طوله بحوالي نصف متر في الصيف. عندما تسخن المادة تكتسب طاقة تجعل جزيئاتها تتحرك بسرعة أكبر وأبعد، فتشغل المادة حيزاً أكبر. وعند تغيير درجة الحرارة بما فيه الكفاية، تتحول المادة من حالة إلى حالة أخرى. فإذا سخّن جامد إلى درجة حرارة انصهاره، فإنه يتسائل؛ وإذا سخّن سائل إلى درجة حرارة عالية بما فيه الكفاية فإنه يغلي ويتحول إلى غاز أو بخار.



تمدد الغازات

تمدد الغازات حوالي ١٠٠٠ مرة أكثر من الجوامد و ١٠ إلى ١٠٠ مرة أكثر من السوائل. فإذا تضاعفت درجة حرارة الغاز المطلقة، يتضاعف حجمه. القينة أعلاه ملئت إلى نصفها بالماء البارد وسدت بإحكام، ثم سخنت بين راحتي الكفين؛ فتمدد الهواء في داخلها دافعا الماء صعوداً في الأنبوب.

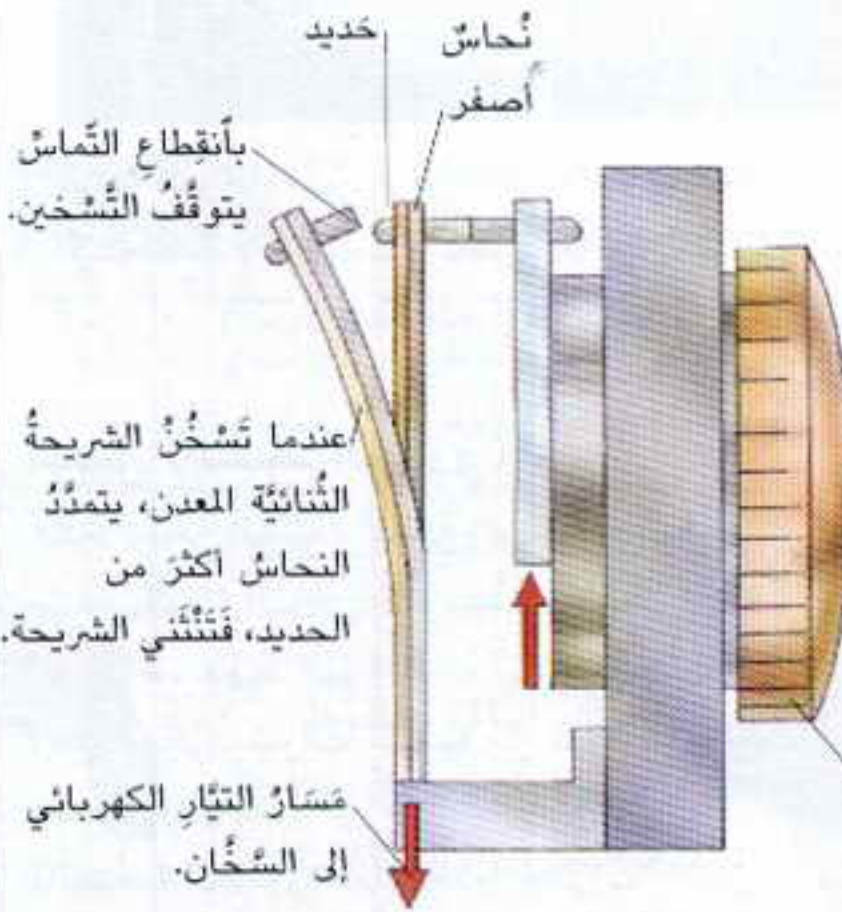


لا ترتفع درجة حرارة الماء أثناء الغليان بالرغم من متابعة التسخين.



الحرارة الكامنة

يتمتع السائل المتحول إلى بخار كمية من الحرارة دون أن ترتفع درجة حرارته. هذه الطاقة الحرارية تستخدم في تحويل السائل إلى بخار وتختزن فيه وتعرف بالحرارة الكامنة. وعندما يتكثف البخار إلى سائل، تطلق الحرارة الكامنة، فسخن الوسط الممكنف. كذلك تمتص الحرارة الكامنة أيضاً عندما ينضج الجامد، وتطلق عندما يتجمد السائل.



مقياس التمدد

تسخن الشموع جانباً من السلك الثخين فيتمدد - دافعا إبرة الحياة على محورها؛ والإبرة بدورها تحرك المؤشر على المقاييس المدرج.

تمدد متباين

تمدد الفلزات بمعدلات مختلفة، وتستخدم هذه الظاهرة في تشغيل الترموستات التي تثبت درجة الحرارة. يحوي الترموستات شريحة ثنائية المعدن - غالباً من النحاس الأصفر والحديد. في ترموستات التدفئة، تنثني الشريحة بالإحماء، فتقطع التماس الكهربائي عندما تبلغ درجة حرارة الغرفة الدرجة المطلوبة.

مكيف الهواء

مكيف الهواء يبرد بفعل التبخر؛ فيسمح للسائل المبرد بالتبخر متحولاً إلى غاز داخل أنابيب التبريد. ويمتص المبرد حرارة تبخره من الهواء الذي تسخيه المروحة من الغرفة ليعاد أبرد إليها - في حين يضغط غاز المبرد في ضاغط خارج المبنى حتى يتسائل ثانية، مُطلقاً الحرارة التي امتصها من الهواء داخل الغرفة.



تخفيف الألم

يعالج هذا الرياضي برداً، مُلطف للألم، من مادة سريعة التبخر. وتمتص الحرارة الكامنة اللازمة للتبخر من يد الرياضي فتبرّد، ويخف الألم. وبالطريقة نفسها يبرّد العرق لأن تبخر العرق يمتص الحرارة من جسمك.

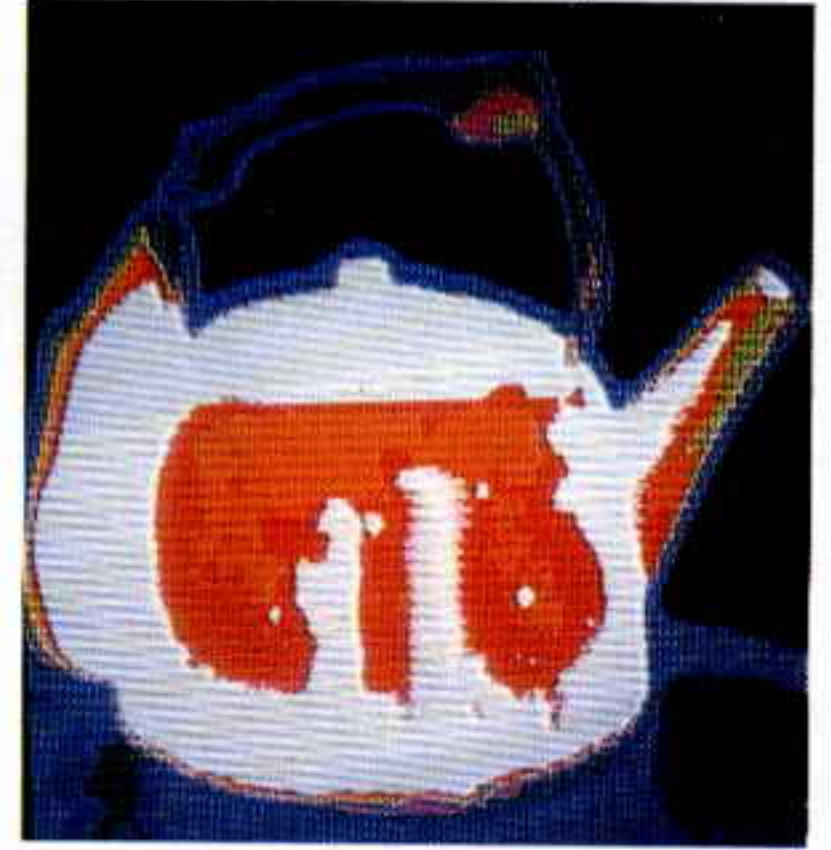
لمزيد من المعلومات انظر

- تغيرات الحالة ص ٢٠
- النظرية الحركية ص ٥٠
- سلوك الغازات ص ٥١
- الألوان ص ٢٠٢
- البراكين ص ٢١٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

انتقال الحرارة



إذا كنت على مقربةٍ من نارٍ أو مدفأة، تسري الحرارةُ إلى جسدك من الوَسَط المحيط. أمّا إذا كنت خارج البيت في يوم قارس، فالحرارةُ تنبعثُ من جسدك إلى الهواء حَواليك. تنتقلُ الحرارةُ دائماً من الجسمِ الحارِّ إلى الجسمِ البارد، أو من الجزءِ الساخن من جسمٍ إلى جزءه البارد. والحرارةُ تنتقلُ بطرقٍ ثلاث هي: الحَمْلُ (الحراري) والتَّوصِيلُ والإشعاع. فالحَمْلُ هو انتقال الحرارة بتيارات الحَمْلِ صُعُداً في السَّوائل والغازات، لأنَّ الجُزيئات التي تسخنُ تقلُّ كثافتُها فترتفعُ لِتحلَّ محلَّها جُزيئاتٌ أثقلُ منها. أمّا التَّوصِيلُ فهو انتقال الحرارة في الجوامد بعيداً عن مصدرها. فعندما يسخنُ جزءٌ من الجامد، تشتدُّ ذبذبةُ جُزيئاته، فتصطدمُ بالجُزيئات المجاورة وتنتقلُ إليها طاقتها. الإشعاعُ هو طريقةُ انتقالِ الحرارة عَبرَ الفراغ بأَمواج كهَرَمَغْنِطِيَّيةٍ؛ وبواسطته تصلُ حرارةُ الشَّمْسِ إلى الأرض.



الإشعاع

جميعُ الأجسام تنبعثُ إشعاعاتٍ حراريّةٍ تزدادُ بازديادِ درجة حرارة الجسم. وتسري هذه الإشعاعات، وتعرّف بالأشعة دون الحمراء، بسرعة الضوء، لكنَّ طولها الموجي أكبر. وهي، كما الضوء، تنعكسُ عن السطوح الصليقة وتمتصها السطوح الدائكة. وهذه الإشعاعات لا تُرى، لكنَّ بعض الكاميرات تستطيع التقاط صورٍ بها على أفلام خاصة تُدعى الصُّور الفوتوغرافيّة الحراريّة. وتُستبان شِدَّة الحرارة المُشعَّة من تباين ألوان الصورة - أشدها وأسخنها يبدو باللون الأبيض.

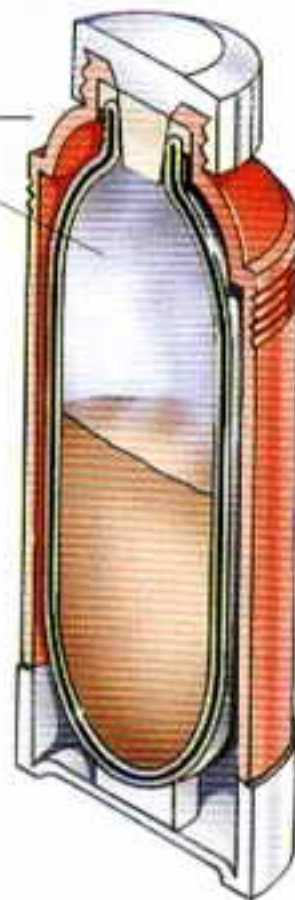
الحمل (التصعد الحراري)

عندما تسخنُ اليابسة، تسخنُ الهواء فوق سطحها ويرتفعُ الهواء الساخن لأنّه يتمدّد ويصبحُ أقلَّ كثافةً، فيهبُطُ الهواء البارد ليحلَّ محله. وهكذا تتكوّنُ تياراتٌ مُستمرةٌ من الهواء الصاعد والهابط تُدعى تيارات الحَمْل (التصعد) الحراري. وتُستخدَمُ الطائرات الشراعية والطيور هذه التيارات الحراريّة الصاعدة ليرفعها عاليًا في الهواء.



التلاؤم المناخي

أشكالُ وألوانُ الكثير من الحيوانات ثلاثٌ مِئاتها المناخيّة. فنُعَلِبُ الفَنَك (المُسَمَّى كَلْب الصحاري في شمال إفريقيا وسيناء)، مثلاً، لا تمتصُ فروته الصفراء الناصلة اللون كثيراً من الإشعاع الحراري أثناء النهار؛ كما تعملُ أذناه الكبيرتان على نقل الحرارة إلى الهواء بالحَمْل. وأثناء برْد الليل الصحراوي تحبِسُ فروة الفَنَك من الهواء ما يكفي لمنع فقدان الكثير من حرارة جسمه بالتوصيل.



فراغ

الكظيمة (القارورة الخوائية)

إخترع الكظيمة العالم الأسكتلندي، جيمس ديوار (١٨٤٢-١٩٢٣). وهي تحفظ الشراب الساخن ساخنًا، والبارد باردًا، لأنّها تمنع انتقال الحرارة. تتألّف الكظيمة من قارورة زجاجيّة مزدوجة الجدران. فالفراغ بين الجدران يمنع التوصيل والحَمْل. والجدران المفضضة الداخل تمنع الإشعاع، والسداد اللدائني أو الفلينّي عازلٌ جيّد للحرارة.

فلزّ - مُوصِّل جيّد للحرارة.
الخشب - مُوصِّل رديء للحرارة.



الرُّخام - مُوصِّل جيّد للحرارة.



التوصيل

تختلفُ مُوصليّةُ المواد للحرارة باختلاف طبيعتها. الفلزّات هي أفضلُ المُوصّلات. إذا تصنّع القدور من الفلزّات، كالنحاس



اللدائن - مُوصّلات رديئة للحرارة.

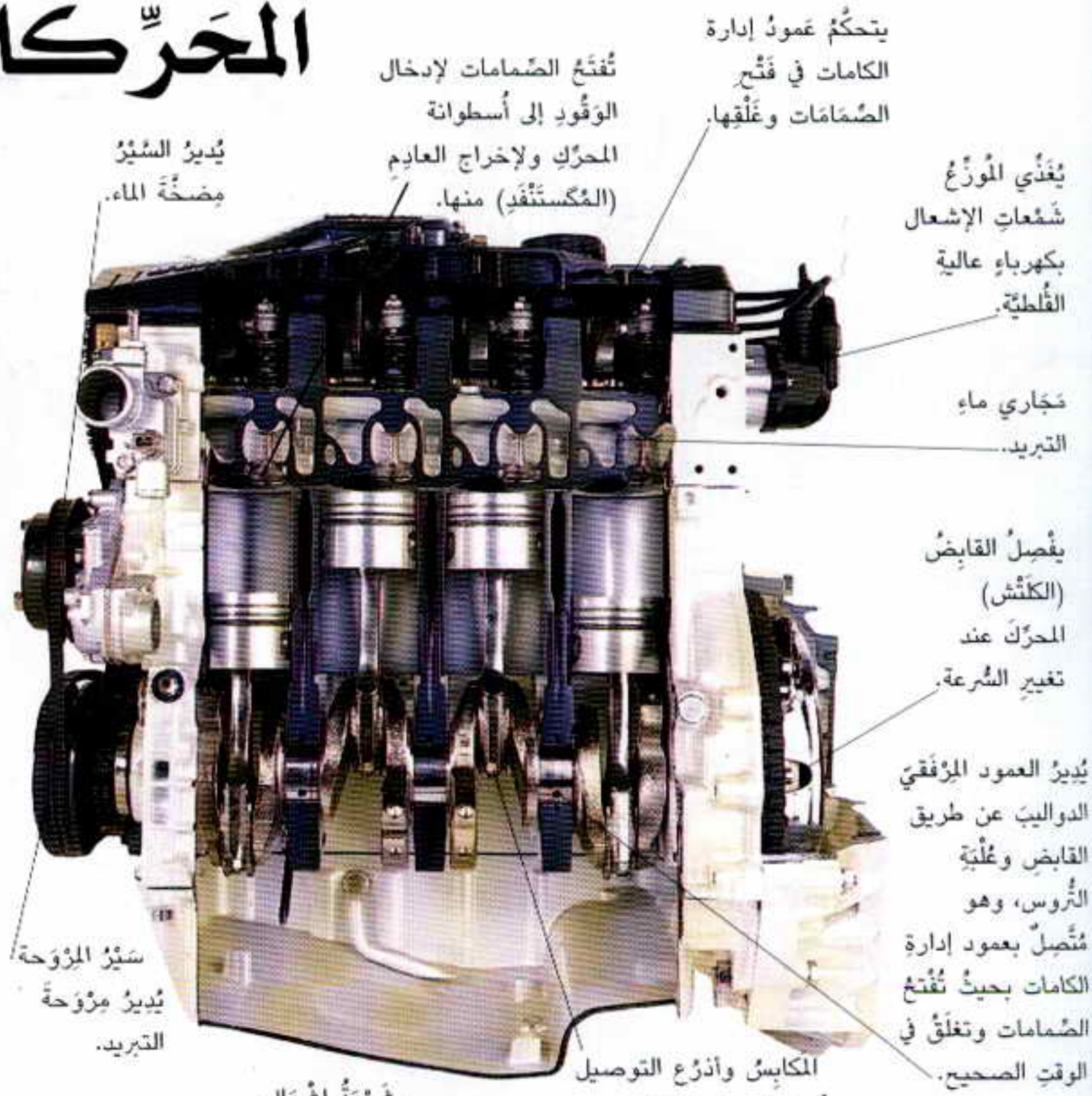
والألومنيوم، كي تسخنُ بسرعة، لكنَّ مقابضها تُصنّع من الخشب أو اللدائن لأنّها رديئة التوصيل أي عازلة للحرارة. الماء أيضًا مُوصِّل رديء للحرارة؛ وكذلك الفلين والزجاج الليفي لأنهما يحتبسان الكثير من الهواء، والغازات أَرْدأ المواد توصيلًا للحرارة.

لمزيد من المعلومات انظر

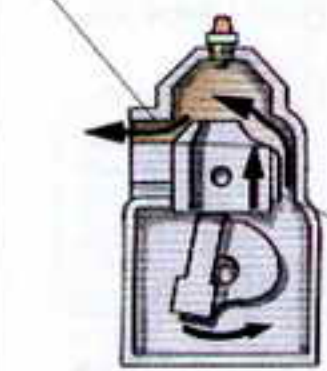
- الحرارة ص ١٤٠
- الظيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الرياح ص ٢٥٤
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- الصحارى ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٠٨

المحركات

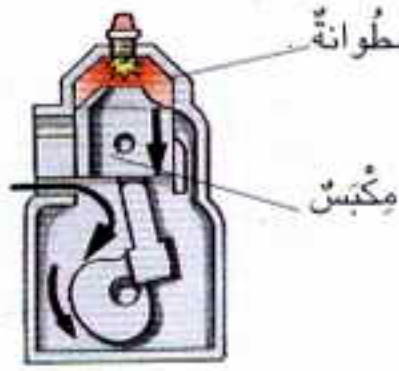
الصَّارُوخُ أقوى المحركات؛ فهو يستطيع رَفْعَ عربة فضائية ثقيلة عن الأرض وإطلاقها إلى الفضاء. الطائرات والسيارات والسفن والدراجات النارية ومكينات كثيرة أخرى تُسير بمحركات البنزين أو بمحركات الديزل. وبدون هذه المحركات كُنَّا نَظُلُّ نَعْتَمِدُ على قُوانا الذاتية أو على قُوَى الحيوانات في النَقل والصناعة. المحركات تحول طاقة الوقود إلى حَرَكَةٍ بفعل تمدد الغاز الساخن؛ فيحرق الوقود لإحماء الغاز ويُسخَّر تمدد الغاز في تدوير المكينات. بعض المحركات مَجْهَّزٌ بمكابس تتحرك جيئةً وذهاباً داخل أسطوانات، وتعرف هذه بالمحركات الترددية؛ وبعض المحركات عديم المكابس.



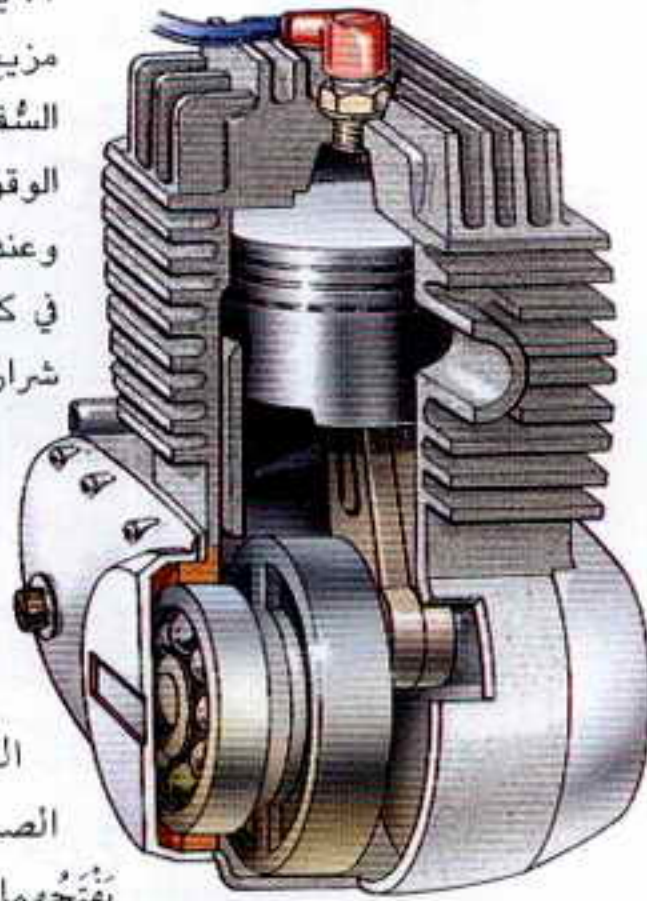
فُتْحَةُ الانفلات (العادم)



فُتْحَةُ الانتقال

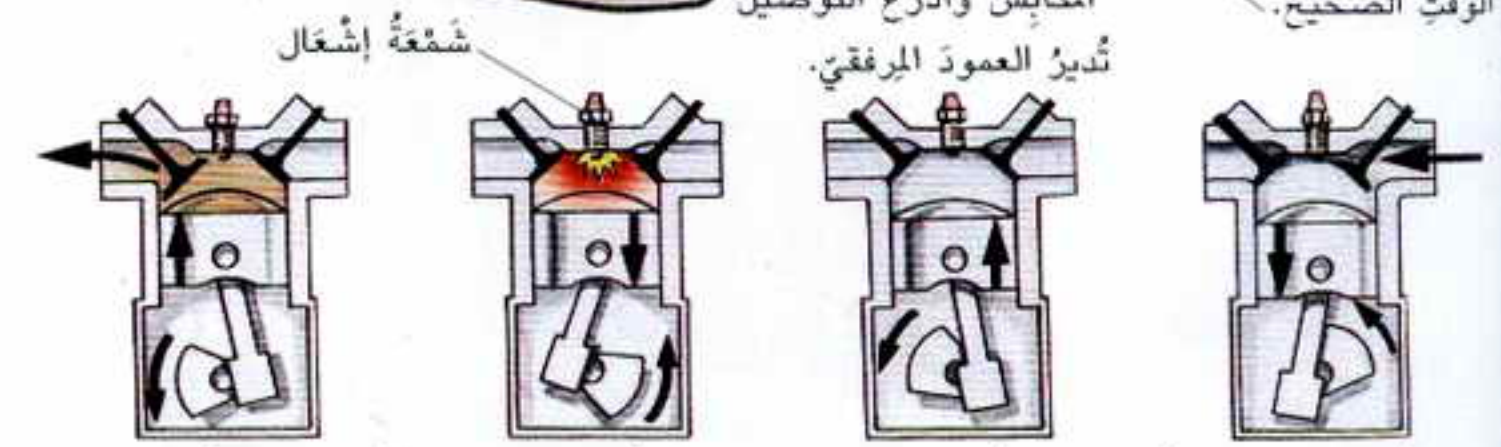


١. يصعدُ المِكْبَسُ، سافطاً مزيجَ الوقود إلى القسم السفلي من المحرك وضاعطاً الوقود المتواجد في الأسطوانة. وعندما يكون المزيجُ الوقودي في كامل انضغاطه، تفجّرهُ شرارة من شَمْعَةِ الإشعال.
٢. يَهْبِطُ المِكْبَسُ، دافعاً وقوداً جديداً إلى داخل الأسطوانة عبر فُتْحَةِ الانتقال. ثم يُدْفَعُ الوقودُ المُشْتَهَكُ إلى الخارج عبر فُتْحَةِ الانفلات.



المحرك الثنائي الشوط

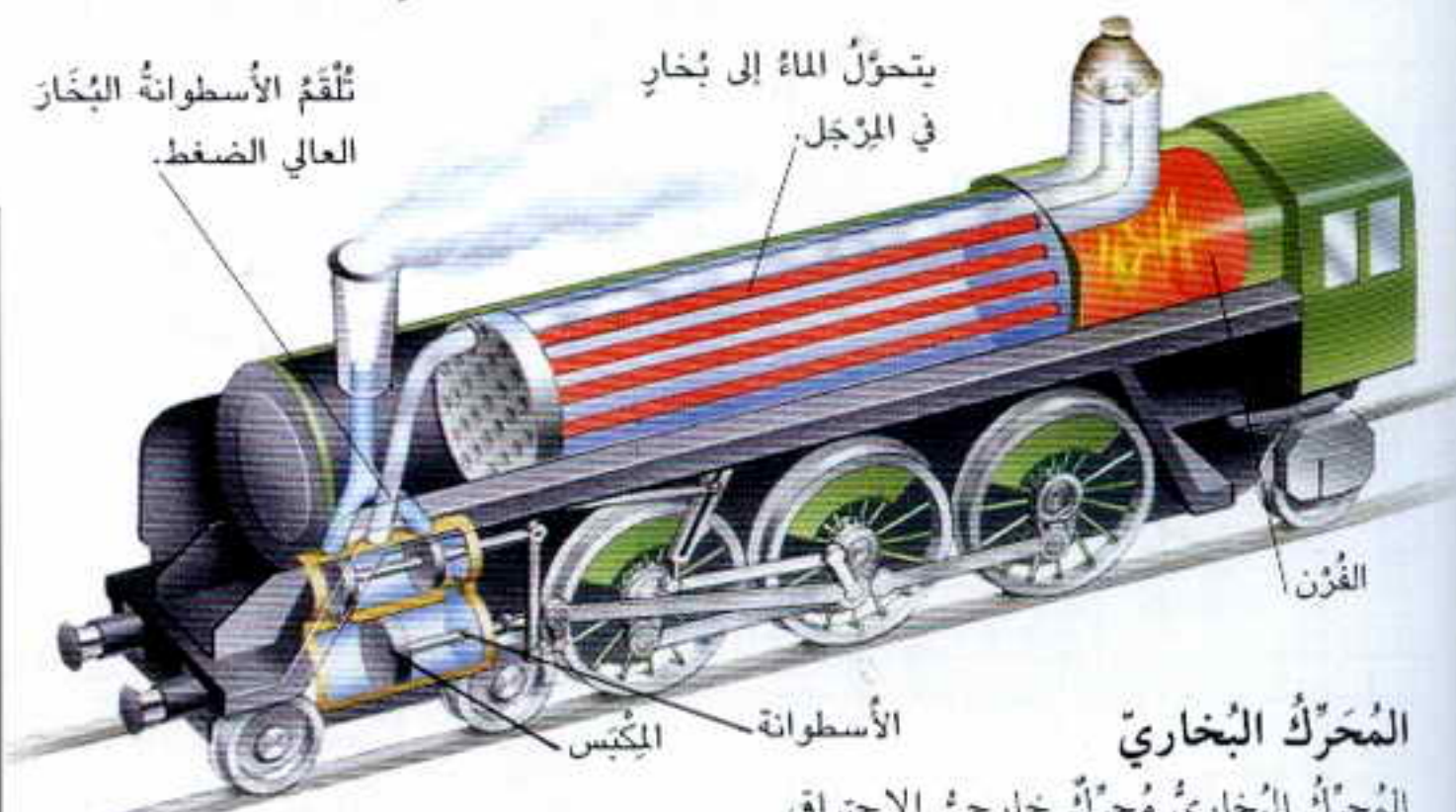
مُحَرِّكاتُ الدَرَّاجَاتِ النَّارِيَّةِ ثُنَائِيَّةُ الشَّوْطِ صَغِيرَةٌ وَقَوِيَّةٌ، لَكِنْ كَثِيرَةٌ الضَّجِيجُ. وَهِيَ عَدِيمَةُ الصَّمَامَاتِ إِذْ بَدَلَ الصَّمَامَيْنِ هُنَاكَ فُتْحَتَانِ فِي جِدَارِ الْأَسْطُوَانَةِ يَفْتَحُهُمَا وَيُغْلِقُهُمَا تَعاقِبِيَّاً تحركُ المِكْبَسِ.



١. شَوْطُ السَّحْبِ - يَهْبِطُ المِكْبَسُ سافطاً مزيجَ الوقود والهواء عبر صمام الإدخال المفتوح.
٢. شَوْطُ الانضغاط - يصعدُ المِكْبَسُ ضاعطاً المزيجَ الوقودي. كلا الصَّمَامَيْنِ مُغْلَقَانِ.
٣. شَوْطُ القُدْرَةِ - تُشْعِلُ شَمْعَةُ الإشعال المزيجَ؛ فيدفعُ الوقودُ المنفجرُ المِكْبَسَ إلى أسفل بقوة.
٤. شَوْطُ الانفلات - يصعدُ المِكْبَسُ مُقْجِماً الوقودَ المُشْتَهَكَ عبر صمام الانفلات (العادم) المفتوح.

مُحَرِّكُ الْإِحْتِرَاقِ الدَّاخِلِيِّ

يُدْعَى مُحَرِّكُ السَّيَّارَةِ مُحَرِّكاً دَاخِلِيَّ الإِحْتِرَاقِ لَأَنَّ الْوَقُودَ يَحْتَرِقُ دَاخِلَ أُسْطُوَانَةٍ. وَمَعْظَمُ هَذِهِ الْمُحَرِّكَاتِ رُبَاعِيَّةُ الْأَشْوَاطِ أَي يَنْتِجُ قُدْرَتَهُ فِي أَرْبَعَةِ أَشْوَاطٍ لِلْمِكْبَسِ. وَيَتَرَاوَحُ عَدَدُ مَكَابِسِ الْمُحَرِّكِ الْوَاحِدِ مَا بَيْنَ أَرْبَعَةٍ وَثَمَانِيَةِ، تَتَحَرَّكُ تَعاقِبِيَّاً لِتَنْتِجَ قُدْرَةَ خَرُجٍ مُتَوَاصِلَةٍ.



المحرك البخاري

المُحَرِّكُ الْبُخَارِيُّ مُحَرِّكٌ خَارِجِي الإِحْتِرَاقِ لَأَنَّ الْوَقُودَ فِيهِ يَحْتَرِقُ فِي فُرْنٍ خَارِجِ الْأَسْطُوَانَةِ. تَسْرِي الْغَازَاتُ الْحَامِيَّةُ النَّاتِجَةُ عَنْ إِحْتِرَاقِ الْفُحْمِ، غَيْرَ الْمِزْجَلِ فَيَتَحَوَّلُ الْمَاءُ أَوَّلًا إِلَى بُخَارٍ؛ ثُمَّ يُخَمَى الْبُخَارُ حَتَّى يَبْلُغَ ضَغْطًا وَدَرَجَةً حَرَارَةٍ عَالِيَتَيْنِ قَبْلَ غَذْوِ الْأَسْطُوَانَةِ بِهِ حَيْثُ يَتَمَدَّدُ دَافِعًا الْمِكْبَسَ بِتَمَدُّدِهِ. وَفِي الْقَاطِرَةِ تَنْتَقِلُ حَرَكَةُ الْمِكْبَسِ بِوَسْطَةِ مَجْمُوعَةٍ مِنَ الْأُذْرُعِ إِلَى الدَوَالِيْبِ.



جورج ستيفنسون

الْقَاطِرَةُ الْبُخَارِيَّةُ النَّاجِحَةُ الْأُولَى كَانَتْ مِنْ صُنْعِ الْمُهَنْدِسِ الْبَرِيطَانِيِّ جُورْجِ سْتِيفِنْسُونِ (١٧٨١-١٨٤٨). بَدَأَ سْتِيفِنْسُونُ حَيَاتَهُ الْعَمَلِيَّةَ كَخَبِيرٍ لَصِيَانَةِ الْمُحَرِّكَاتِ وَالْمِصْنَعَاتِ فِي الْمَنَاجِمِ قُرْبَ نِيوكَاسِلِ بِإِنْكَلْتَرَا. وَفِي الْعَامِ ١٨٢٥، أَسَّسَ مِصْنَعًا لِلْقَاطِرَاتِ حَيْثُ صَنَّمَ وَبَنَى أَوَّلَ قَاطِرَةٍ اسْتَطَاعَتْ جَرَّ قِطَارٍ لِلرُّكَّابِ عَلَى أَوَّلِ سِكَّةٍ حَدِيدٍ عَامَّةٍ فِي الْعَالَمِ بَيْنَ دَارْلِنْغْتُونِ وَسْتُوكِنْتِن. أَمَّا أَشْهُرُ قَاطِرَاتِهِ الْمُسَمَّاةُ «الصَّارُوخُ»، فَقَدْ فَازَتْ فِي مُبَارَاةٍ عَامَ ١٨٢٩ حَيْثُ بَلَغَتْ سُرْعَتُهَا ٤٦ كَم/سَاءً، وَاسْتُخْدِمَتْ بَعْدَئِذٍ عَلَى الْخَطِّ الْحَدِيدِيِّ بَيْنَ لِيْفَرْدُولِ وَمَانِشِسْتَرِ.

تطور المحركات

- ١٧١٢ صنع توماس نيوكومن أول محرك بخاري يستخدم أسطوانة ومكبسا.
- ١٧٦٥ صنع جيمس واط محركا بخاريا أقوى من محرك نيوكومن بست مرات.
- ١٨٠٠ صنع ريتشارد تريفيثك أول محرك بخاري عالي الضغط.
- ١٨٦٠ صنع إتيان ليونار أول محرك داخلي الاحتراق، مستخدما مزيجا من غاز الفحم والهواء كوقود.
- ١٨٧٧ طور نيقولاوس أوتو المحرك الرباعي الأشواط.
- ١٨٨٣ صنع غوتليب ديملر أول محرك بنزيني.
- ١٨٨٤ صنع تشارلز پارسونز أول توربين بخاري لتوليد الكهرباء.
- ١٩٢٦ أطلق روبرت غودارد أول صاروخ بوقود دسر سائل.
- ١٩٣٠ سجل فرانك هويتل براءة اختراع المحرك النفثات.

الصاروخ

الصاروخ أبسط أنواع المحركات، فهو يحرق الوقود في حجرة احتراق منتجا غازات ساخنة تتمدد مندفة إلى الخارج عبر منفذ في أسفله، فتدسره بقوة رد الفعل صاعدا بسرعة كبيرة. تطلق بعض السفن الفضائية باستخدام صواريخ معززة، تعمل بالوقود الجامد، شبيهة بالأسهم النارية العملاقة. وتستخدم صواريخ أخرى وقودا سائلا، كالكيروسين، يحرق مع سائل آخر يدعى المؤكسد. مكوك الفضاء ذو ثلاثة محركات صاروخية تعمل بالوقود السائل، وتُحرق مجتمعة ٩٨ طنا من الوقود في الدقيقة.

تثبت أرياش مستقرة في الجدار الداخلي لتوجيه البخار بدقة نحو أرياش كل دولاب بالزاوية الصحيحة.

دخول البخار

خروج البخار

التربين البخاري

التربين في أبسط أشكاله دولاب ذو أرياش متركب على محور، فيمكن إدارته بالغاز أو البخار أو الماء. تستخدم التربينات البخارية في محطات القدرة؛ حيث يندفع البخار العالي الضغط بمواجهة الأرياش ليدير التربين المتصل بالمولد الكهربائي. والتربينات المتعددة المراحل هي الأكثر كفاءة لأنها تستفيد تقريبا كامل طاقة البخار.

الأرياش المركزية، حيث ضغط البخار الأعلى، أصغر من الأرياش الطرفية.

مضخة

صمامات

حجرة الاحتراق

تزيد الضواغط المروحية ضغط الهواء وتدفعه إلى حجرة الاحتراق.

غازات ساخنة

حجرة الاحتراق

الهواء الساخن وغازات العادم تندفق إلى الخارج فوق التربين.

تسقط المروحة المدومة الهواء إلى الداخل.

بعض الهواء يمر مجانباً الجزء الرئيسي للمحرك.

المحرك النفثات

مُعظم الطائرات الحديثة العالية السرعة مجهزة بمحركات نفثات. في المحرك النفثات، تسقط المرواح المدومة في مقدمة المحرك الهواء إلى داخله - حيث تضغطه مرواح أخرى دافعة إياه، على ضغط عالٍ، إلى حجرة الاحتراق. وهنا يحمو الهواء بالوقود السائل المشتعل، فيتمدد ويندفع نحو مؤخرة المحرك؛ وباندفاعه العنيف إلى الخارج، يدوم تربينا يدير المرواح في المقدمة. في المحرك المروحي التربين، المبين أعلاه، يسري بعض الهواء عبر مسرب حول الجزء الرئيسي للمحرك، معززا كميات الهواء المندفق مما يكسب المحرك دفعا إضافيا.

الدفع النفثات

هذه السيارة الدمية تستخدم النفثات لتتعلق بسرعة فوق أرضية الغرفة. فعند فتح صمام خاص، يندفع الهواء إلى الوراء عبر رقية البالون المربوط بالسيارة والمعبأ بالهواء، دافعا السيارة إلى الأمام.



فرانك هويتل

المهندس وطيار الاختيار الإنكليزي فرانك هويتل

(المولود عام ١٩٠٧)

اختراع المحرك النفثات عام

١٩٢٩. وقد حاول عبثا إقناع

وزارة الطيران البريطانية بفاعلية محركه؛ فما

كان منه إلا أن أسس شركته الخاصة لتصنيع

المحرك الجديد. وبالفعل تم له صنع أول

محرك نفثات واختباره على الأرض سنة ١٩٣٧.

وفي العام ١٩٤١، حققت طائرة اختيارية أول

طيران لها بمحرك هويتل.

لمزيد من المعلومات انظر

- سلوك الغازات ص ٥١
- القوى والحركة ص ١٢٠
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المحركات الكهربائية ص ١٥٨
- الصواريخ ص ٢٩٩

الكهرباء والمغناطيسية



الكهرباء، ترافقها المغناطيسية غالباً، أصبحت ضرورة يومية في مختلف مجالات العمل والحياة حولنا؛ وهي في الواقع غيرت نمط حياتنا بالكامل. المولدات تولد الكهرباء من حركة ملفاتها في مجال مغناطيسي، فتوفر لنا الحرارة والنور بضغط زر. والمحركات الكهربائية تحول التأثيرات الكهربائية في مجالات مغناطيسية إلى حركة تدير لنا الممكنات من مثاقب وغسالات وآلات مختلفة بجهد قليل منا. والإلكترونيات بمقوماتها التحكيمية تيسر لنا استخدام الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية) بأشكال متعددة في تقنيات الراديو والرادار والحواسيب

الإلكترونيات في العناية الفائقة

المرضى الذين يعانون من عِلَل خطيرة يحتاجون غالباً إلى مراقبة مستمرة في المستشفى. وبدلاً من ممرضات يلازمُن أسيرة هؤلاء، تُستخدم المعدات الإلكترونية لمراقبة أوضاعهم. فإذا حدث تبدل خطير في معدل تنفس المريض أو خفقان قلبه، تطلق تلك الأجهزة نذيراً لاستدعاء الممرضات والأطباء لمعالجة ذلك.

طاقة متعددة الاستعمالات

تولد الكهرباء وتُنقل بسهولة إلى حيث يُحتاج إليها، لتُحوّل إلى أشكال أخرى من الطاقة. ففي مكتبٍ مثلاً، تُحوّل المروحة الكهربائية إلى حركة، كما تُحوّل صمجة المصباح الكهربائية إلى ضوء. ويُحوّل جهاز التلفون الكهربائي إلى أصوات، كما يُحوّل أيضاً الأصوات إلى كهرباء. أما الحاسوب فيُحوّل المورد المطرد من الكهرباء إلى نبضات تُنفذ وظائفه.

طُوّرت الصمجات

الكهربائية منذ

استخدمت أول مرة

أواخر القرن التاسع

عشر، فأصبحت اليوم

أكثر موثوقية وكفاءة.



شساهم الكهرباء في

توفير وسائل الراحة

في محيطنا، فالحرك

في مروحة كهربائية يُدوّم

أرياشها ليتبعث

تياراً هوائياً

وتجدد الهواء.



حجر المغناطيس

حجر المغناطيس معدن طبيعي المغنطة؛ وهو شكل من خام الحديد المعروف بالمغنتيت (أكسيد الحديد المغناطيسي). تتمتع بَرادة الحديد بالقرب من حجر المغناطيس فتجذب إليه وتلتصق به. وقد استخدم بعض الملاحين القدماء القطعة المشكّلة من هذا المعدن معلقة من طرف خيط، كبوصلة.

جهاز التلفون

الحديث يؤدي

عمل الهاتف

العادي إضافة

إلى ذاكرة إلكترونية، تختزن

أرقامًا تلفونية عديدة، تُمكننا

من طلب أي منها بكبسة زر.



حاسبة الجيب الحديثة الرخيصة كانت ستدهش الغلماء في مطلع الخمسينيات من هذا القرن. فلصنع حاسبة تقوم بعملها حينئذ كان يقتضي استخدام صمامات ومقومات ضخمة، تملأ غرفة بكاملها.

الكهرباء قديماً

حوالي العام ٦٠٠ ق.م.

اكتشف الفيلسوف الإغريقي

طاليس أن حَكَّ قطعة من

الكهرمان بقطعة قماش يجعل الریش

والأجسام الخفيفة الأخرى تنجذب إليها

وتلتصق بها. ونحن نعلم اليوم أن كهرمانه طاليس كانت قد

شجنت كهربائياً بالاحتكاك. وجدير بالذكر أن كلمة «كهرباء»

مُستقاة من الكلمة اليونانية للكهرمان - وهي الإلكتروني.



المغانط الحديثة

بعد تعرّف الطبيعة المغناطيسية، صار من الممكن صنع مغناط قويّة من الفولاذ بأشكال متنوعة. تُصنع أفضل المغانط من سبائك فولاذية مُصمّمة خصيصاً لحفظ مغناطيسيتها.

الدبابيس

الفولاذية تتمغنط

مؤقتاً بالمغناطيس

فيلتقطها.



«الكهربيات» و«اللاكهربيات»

قام وليم جلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣) بأعمال بارزة في حقلي المغناطيسية والكهرباء؛ فقد بين أن الأرض لا بُد أن تكون مغناطيساً ضخماً كي تؤثر في توجّه البوصلات. كما أدرك الفرق بين الموصلات والعازلات الكهربائية وأسماهما «الكهربيات» و«اللاكهربيات».

الكهربائية الساكنة

الحث الإلكتروني (الكهروستاتي)

إذا دلكت ملعقة لدائنية على ثيابك تكسبها شحنة كهربائية سالبة. قُرب الملعقة المشحونة من مسالٍ ماء الصنبور، ولا حظ انحراف مسالٍ الماء نحو الملعقة! إن الشحنات السالبة على الملعقة تشحن مسالٍ الماء بالتأثير مُنافرة الشحنات السالبة في الجانب المُقابل لها، جاعلة إياه مُوجب الشحنة، فينجذب نحوها - في حين يُصبح جانب المسال الأبعد سالب الشحنة. وتُدعى هذه الظاهرة الحث الإلكتروني.



الشحنات المُتحددة على الملعقة بذلك تشحن مسالٍ الماء بالتأثير، فيتجاذبان.



شحن هذان البالون بشحنات مُتعاكسة بالذات على الكثرة.



التنافر

البالون المشحون والمعلقان جنباً إلى جنب، بظرفي حَيَطين، من النقطة ذاتها يتنافران لأن كليهما سالب الشحنة. وهما إذا كانا مُتعاكسين يتدلّيان مُتلازيين واحدهما بالآخر.

١. ينجذب مسحوق التصوير إلى شحنات غير مرئية على الأسطوانة.

٢. تنتقل صورة المسحوق إلى الورقة المشحونة.

الناسخة الضوئية

الكثير من الناسخات الضوئية يستخدم الكهرباء الساكنة، إذ تتكوّن صورة الأصل كشحنات موجية غير مرئية على أسطوانة كبيرة داخل المكنة. هذه الشحنات تجذب جسيمات دقيقة من مسحوق التصوير مُكوّنة صورة مرئية على الأسطوانة، ثم يُنقل مسحوق التصوير إلى الورقة المشحونة كهربائياً أثناء مرورها حول الأسطوانة. وتعمل الدلافين الساخنة على صهر مسحوق التصوير ولصقه بالورقة كصورة ثابتة.

٣. الدلافين الساخنة تصهر المسحوق وتلصقه بالورق.



إذا دلكت بالوناً بكثرتك، فإنه يميل إلى الالتصاق بها، لأن ذلك يُكسب كلا منهما شحنة مُضادة.



الشحن بالاحتكاك

تتألف جميع الأجسام من ذرات، وتتألف كل ذرة من عددٍ مُماثل من الإلكترونات السالبة الشحنة والبروتونات الموجبة الشحنة. وهذه الشحنات يُوازَن بعضها بعضاً تماماً، مما يجعل الأجسام مُتعادلة (أي غير مشحونة). لكن بالاحتكاك، كذلك البالون بالكثرة، تنتقل الإلكترونات من الكثرة إلى البالون، فيصبح البالون سالب الشحنة لأن الإلكترونات فيه صارت أكثر من البروتونات؛ كما تصبح الكثرة موجبة الشحنة لأن البروتونات فيها أكثر من الإلكترونات.

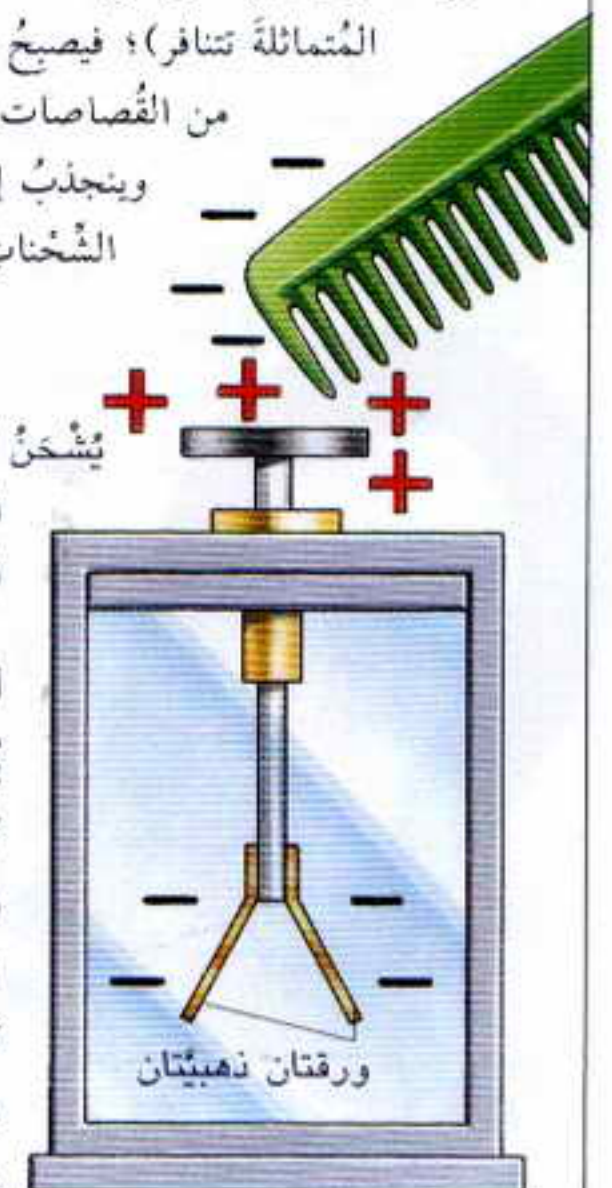
التجاذب

البالون المشحون بذلك يجذب إليه قصاصات الورق الصغيرة. إن شحنات البالون السالبة تُنافر الشحنات السالبة على الجزء الأقرب إليها من الورقة (لأن الشحنات المُتعاكسة تنافر)؛ فيصبح هذا الجزء من القصاصات مُوجب الشحنة، وينجذب إلى البالون لأن الشحنات المُتعاكسة تتجاذب.

يُشحن المشط بشحنات سالبة عند تسريح الشعر؛ فإذا قُرب إلى القرص المعدني للمكشاف الكهربائي، يُنافر الشحنات السالبة فيه باتجاه الورقتين الذهبيتين، فتتفرجان.

المكشاف الكهربائي

يُبين المكشاف الكهربائي ذو الورقتين الذهبيتين ما إذا كان الجسم مشحوناً أم غير مشحون. فإذا قُربت جسم مشحوناً إلى قرص المكشاف المعدني، تكتسب الورقتان الذهبيتان شحنات مُتعاكسة بالحث. ولما كانت الشحنات المُتعاكسة تنافر، فإن ورقتي المكشاف تنفرجان. وحيث إن الورقتين الذهبيتين رقيقتان جداً وخفيفتان فإن المكشاف الكهربائي شديد الحساسية.



الشحنات داخل السحب

تُشحن الجسيمات الجليدية
المُدوّمة في السحب في أعالي
الجوّ بالكهربائية الساكنة؛
فيصبح أعلى السحابة موجب
الشحنة وأسفلها سالب
الشحنة. ويحصل التفريغ
البرقي أحياناً داخل السحابة
لمعادلة الشحنات مُجدداً.

تُكسح
الجسيمات
الأخف الموجبة
الشحنة إلى أعلى.

تتراكم الجسيمات الأثقل السالبة
الشحنة في أسفل السحابة.

قضيب مانعة الصواعق
مستدق الرأس، وطرفه
السفلي مُنصل بالأرض
بمُوصلٍ سلكي.

الشحنات السالبة في أسفل
السحابة تستجيب بالتأثير
شحنات موجبة على سطح
الأرض تحتها.

قضيب من
النحاس الأصفر
مُتصل بالسلسلة
الماسية للبطانة
المعدنية الداخلية.

مانعة الصواعق

يُنصب على السطح في معظم المباني العالية
قضيب يُسمى مانعة الصواعق يتصل بالأرض
بمُوصلٍ سلكي. الشحنات السالبة في أسفل
السحابة المُقترية تجتذب الشحنات الموجبة
من الأرض؛ فتتدفق هذه الشحنات على
جزيئات الهواء صُعداً إلى السحب حيث
تُبطل مفعول بعض الشحنات السالبة في
السحابة. وقد يمنع ذلك حدوث الصاعقة.
وإذا لم يكن ذلك كافياً وحصل التفريغ البرقي
فإن الكهرباء تسري عبر القضيب والمُوصل
السلكي إلى الأرض دون إحداث أضرار.

كيف تضرب الصاعقة؟

إذا كانت شحنات السحب قوية بما فيه الكفاية،
فإنها تشق لها ممراً عبر الهواء إلى الأرض وتفرغ
كوميض برقي. وتوفر المباني العالية والأشجار
والناس في الأماكن المكشوفة مساراً أسهل
للتفريغ الكهربائي، فتستهدفها الصواعق.

بطانة فلزية داخلية.

تغليف رقائق فلزي.

وعاء ليدن

دارسو الكهرباء الأوائل اختزنوها أحياناً في ما
يُسمى «وعاء ليدن» - (باسم الندينية الهولندية
حيث استخدم لأول مرة عام ١٧٤٥). ويتألف
وعاء ليدن إجمالاً من مرطبان زجاجي مغطى من
الداخل والخارج برفائق القصدير بحيث يمكن
تخزين شحنة كهربائية على صفيحتي القصدير
الرفيقتين. ويتصل قضيب معدني بالبطانة
الداخلية لتفريغ الشحنة عند اللزوم. وعاء ليدن
هذا هو شكل قديم من المُكثفات.

الشراث العملاقة

الوميض البرقي المُشعب المُنبعث عبر الجوّ هو شراة
عملقة تُففر بين سحابتين أو بين سحابة والأرض.
وبالإضافة إلى ابتعاثه نوراً ساطعاً جداً، فالتفريغ البرقي
يُولد حرارة عالية جداً تُسخن الهواء المحيط فيتمدد بسرعة
فائقة، مُحدثاً انفجاراً عظيماً هو الرعد.

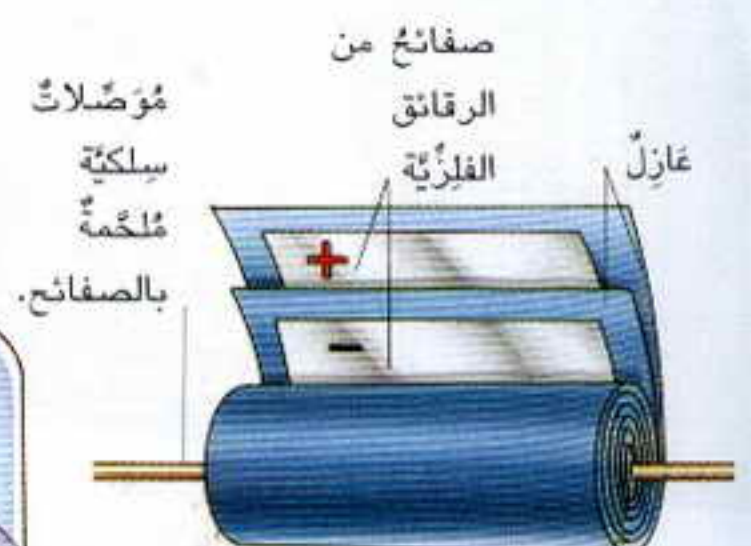
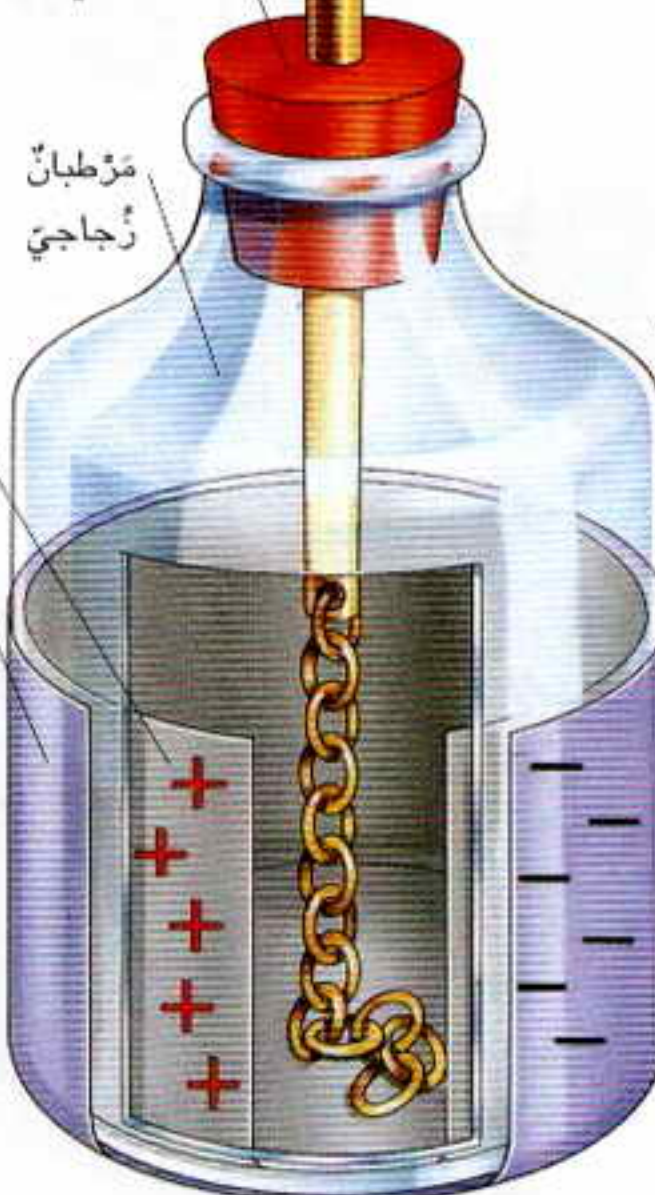
بنجامين فرانكلين

بين المُخترع بنجامين
فرانكلين (١٧٠٦-١٧٩٠)
التأثير والسياسي والعالم
الأمريكي، العلاقة بين
البرق والكهرباء بتجربة
خطرة جداً. ففي العام



١٧٥٢، طير فرانكلين طائرة
ورقية في أثناء عاصفة رعدية. فسرت الكهرباء
عبر خيط الطائرة المُبتل إلى مفتاح معدني كان
في الطرف الآخر للخيوط. وعندما قرب فرانكلين
إصبعه من المفتاح، ففرت شراة عبر الفجوة
بينهما. فاستنتج أن كهربائية السحب هي التي
سببت الشراة، وأن التفريغ البرقي هو نوع من
الشّرر. وفي العام ١٧٥٣، أعلن اختراعه قضيب
مانعة الصواعق.

سداء فليني



المُكثفات

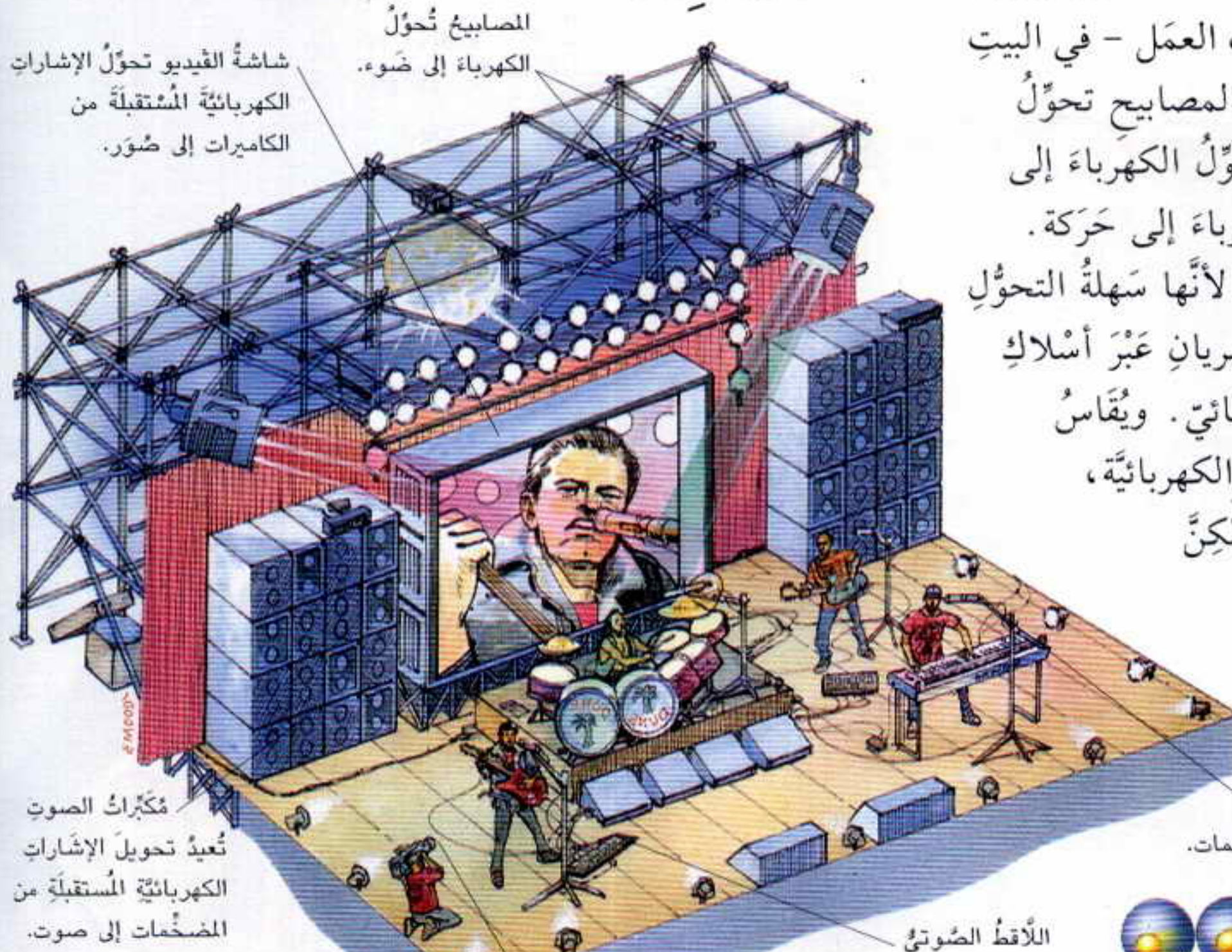
تُستخدم المُكثفات السعوية لتخزين الشحنات
الكهربائية في الأجهزة الإلكترونية
كالتلفزيونات والحواسيب. فالتبضات
الكهربائية القصيرة الأمد مثلاً، تُخزن في
المكثف بحيث يمكن أبتعاث تيار مُستمر منه.
وفي بعض المُكثفات، تُفصل صفائح الرقائق
الفلزية داخلها بعضها عن بعض بلبائن
رقيقة، ثم تُلف جميعها وتُسد بإحكام.

لمزيد من المعلومات انظر

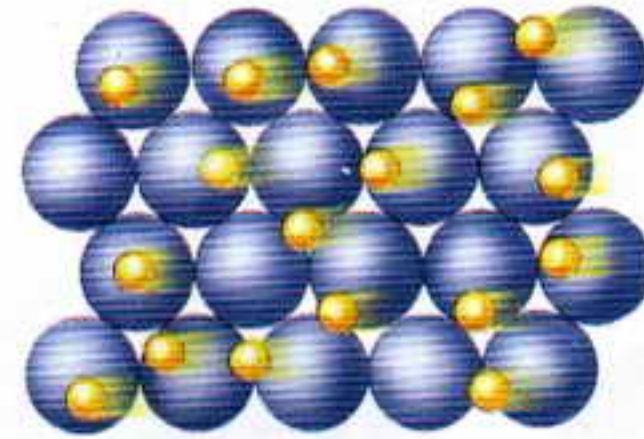
البنية الذرية ص ٢٥
الكهرباء الثيائية ص ١٤٨
مفومات إلكترونية ص ١٦٨
الرعد والبرق ص ٢٥٧

الكهرباء التيارية

حيثما تذهب تر الكهرباء التيارية في مجالات العمل - في البيت والشارع والمصنع وحيثما كان. صمجات المصابيح تحول الكهرباء إلى ضوء، والمواقد الكهربائية تحول الكهرباء إلى حرارة، والمحرّكات الكهربائية تحول الكهرباء إلى حركة. الكهرباء من أوسع أشكال الطاقة استخداماً لأنها سهلة التحول إلى أشكال الطاقة الأخرى؛ ولأنها آتية السريان عبر أسلاك التوصيل إلى حيث يُحتاج إليها، كتيار كهربائي. ويُقاس سريان الكهرباء بوحدات الأمبير. التيارات الكهربائية، في معظمها، تتألف من إلكترونات دافقة، لكن بعضاً منها يتألف من أنواع أخرى من الجسيمات المشحونة، تدعى أيونات.



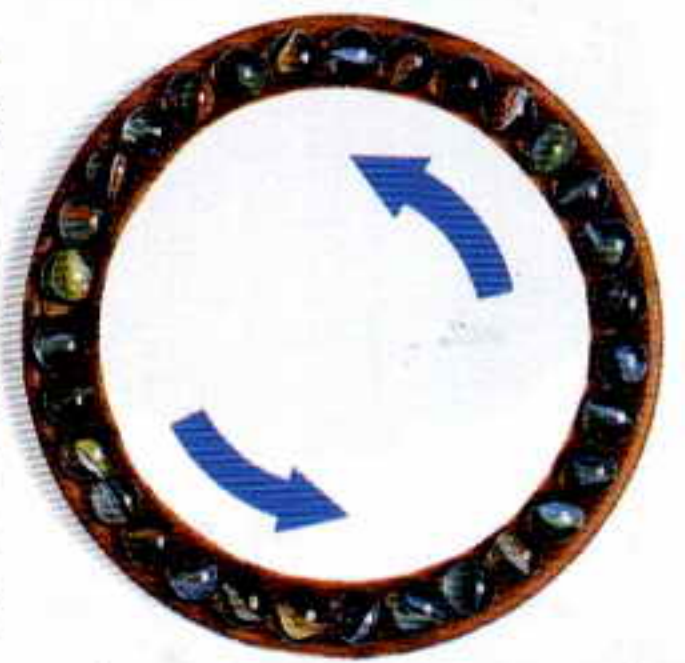
الكهرباء في بعض مجالاتها
في حفل موسيقى وأغان شعبية، تحدث الأجهزة الكهربائية مؤثرات صوتية أخاذة وأصواتاً عالية. ويستطيع المتفرجون البعيدون جداً عن المسرح مشاهدة الموسيقيين وسماع المغنين عبر شاشات ضخمة ومكروفونات منتشرة في ساحة المسرح.



الإلكترونات الطليقة
تسري الكهرباء عبر فلز، كالنحاس، لأن الفلز يحوي إلكترونات طليقة تستطيع الانتقال من ذرة إلى أخرى.

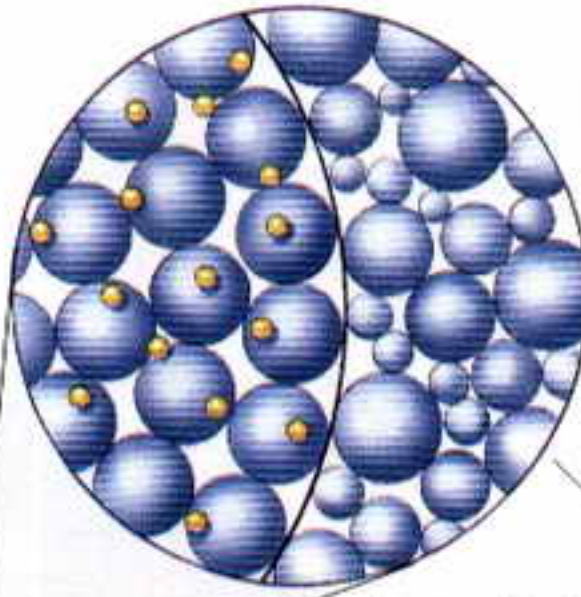
دائرة الكُلل البلي "ج. بلية"

يُمكنك تمثيل كيفية سريان التيار الكهربائي باستخدام دائرة من الكُلل المُتَماسِّة. فإذا دَفَعْتَ إحداها، ترى أن جميع الكُلل تتحرك آنياً؛ فالكلّة الأخيرة في الحلقة تتحرك حالما تَمَسُّ الكُلّة الأولى. والبطارية تدفع الإلكترونات عبر الأسلاك في دائرة كهربائية، بطريقة مُماثلة، لإحداث تيار كهربائي.



الموصلات والعوازل

تدعى الأسلاك النحاسية في الكبلات الكهربائية موصلات، لأنها توصل التيار الكهربائي أي تسمّح له بالمرور عبرها. وتُغلّف الأسلاك النحاسية بمادّة لدائنية عازلة، غير موصلة للكهرباء، لأنها لا تحوي إلكترونات طليقة. العوازل تمنع الكهرباء من السريان حيث لا نريدها.



في العوازل تبقى جميع الإلكترونات مشدودة إلى ذراتها؛ لذا لا تستطيع الكهرباء السريان عبرها.

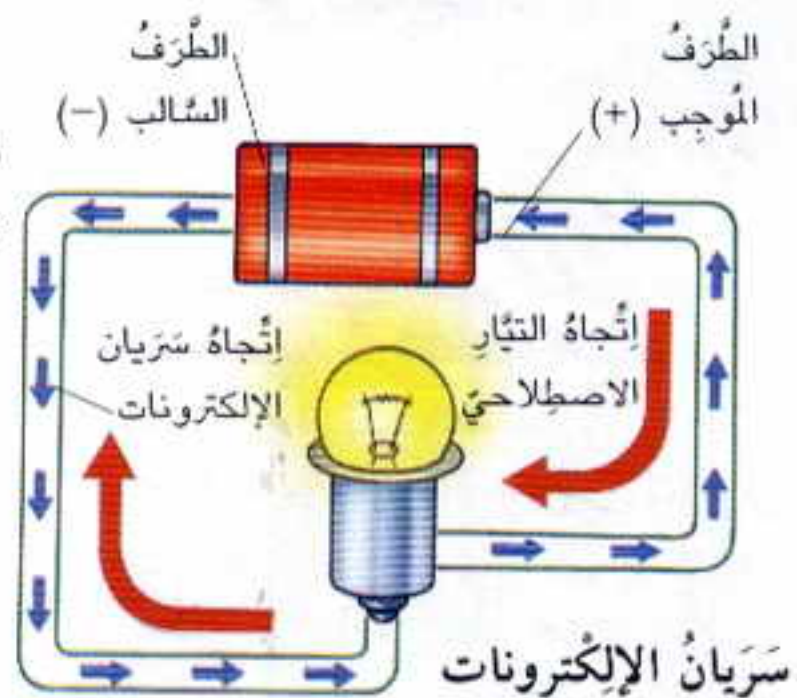
الكُبول العلوية العارية تُغلّق وتدعم باستخدام العوازل.

الكُبول وأذرع التوصيل تُوصّل الكهرباء.



الإمداد العلوي

بعض القطارات الكهربائية يلتقط الكهرباء بأذرع تنزلق عبر كبلات مُعلّقة فوق سكة حديد. ولتحقيق التماس الكهربائي بين ذراع التوصيل والكبل، كني يسري التيار إلى مُحرك القطار، يجب أن يكون الكبل عارياً (أي غير معزول). ولا بُد من تعليق هذه الكبول العلوية على عوازل لمنع تبيد الكهرباء وإبعاد خطرهما. فالموصلات والعوازل، كما ترى، تُستخدم معاً لتجعل استخدام الكهرباء آمناً وعالي الكفاءة.

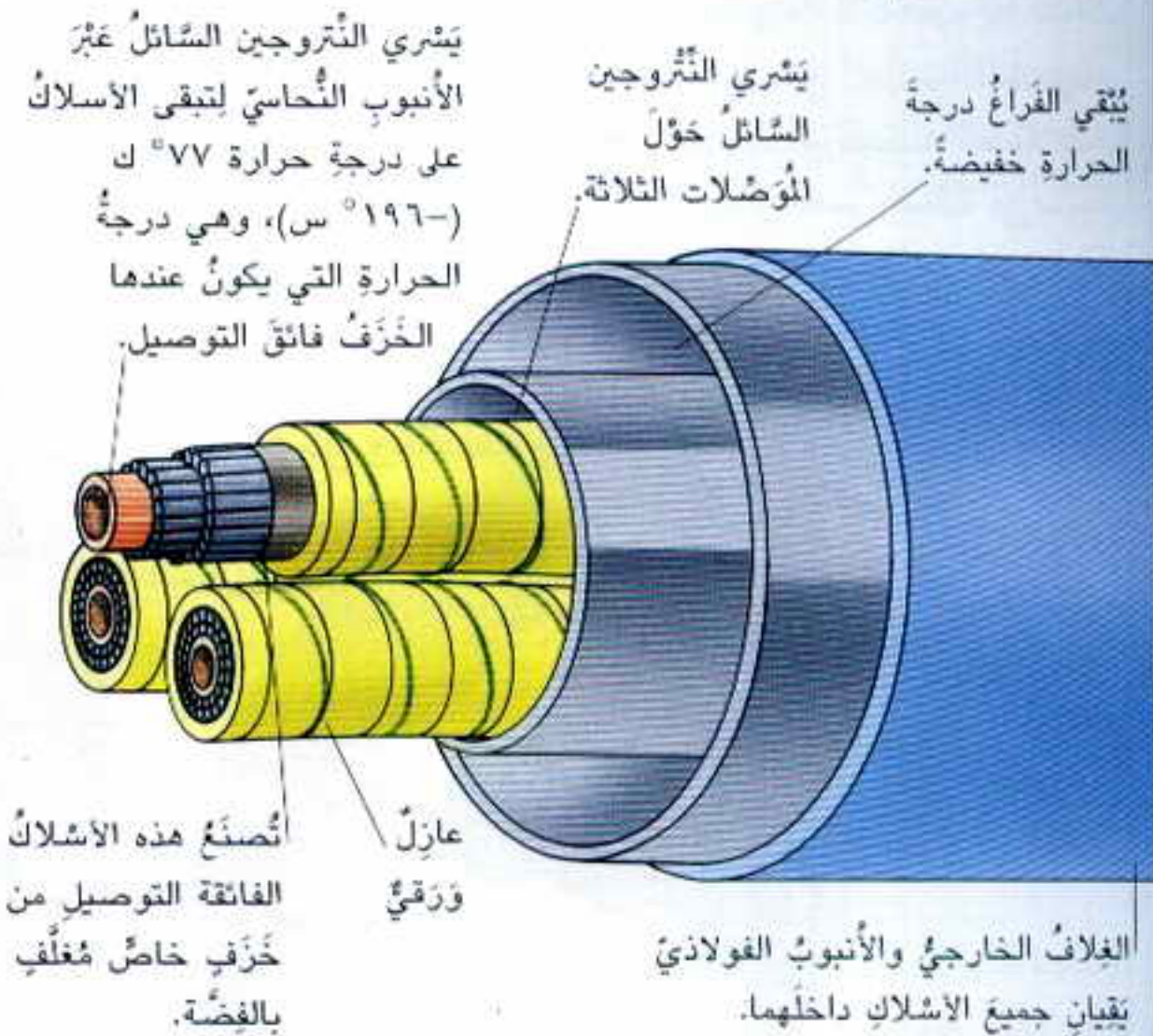


سريان الإلكترونات

اعتقد العلماء سابقاً أن الكهرباء في دائرة بطارية مثلاً، تسري من الطرف الموجب للبطارية إلى طرفها السالب. ووضعت قواعد عملية مفيدة تطبيقاً لهذا المفهوم. لذا نَظَلُّ نَبَيِّنُ إتجاه التيار هكذا، ونسميه التيار الاصطلاحي. والواقع أن الإلكترونات تسري من طرف البطارية السالب إلى طرفها الموجب.

شارل أوغستين كولوم

كولوم (١٧٣٦-١٨٠٦) فيزيائي ومهندس فرنسي اشتهر بأبحاثه في الاحتكاك والمغناطيسية والكهرباء. اخترع كولوم آلات حساسة لقياس القوى بين المغناطيسات كما بين الشحنات الكهربائية. وسُميت وحدة الكولوم لقياس كمية الكهرباء باسمه؛ وهي كمية الكهرباء السارية عبر نقطة في دائرة يمر فيها تيار مقداره أمبير في ثانية.



كَبُولُ فائقة التوصيل

المادة الجيدة للتوصيل للكهرباء ضئيلة المقاومة لسيريان التيار. وفي فِلْزَات مُعَيَّنة كالقصدير والرصاص، وبعض الخزفيات، تُقارب هذه المقاومة الصفر عندما تبرد هذه المواد إلى درجة حرارة خفيفة جدًا؛ فتصبح المواد فائقة التوصيل (أي كاملة التوصيلية تقريبًا). والكَبُولُ المُفَرَّطَةُ التوصيل مثالية لنقل الكهرباء، لأنَّ تبديد القدرة فيها لا يكاد يذكر؛ لكنَّها باهظة التكلفة عمليًا لأنها تتطلب على الدوام تبريدًا شديدًا بالتروجين أو الهليوم السائلين. وتُجرى التجارب حاليًا لإيجاد موصلات فائقة التوصيل تعمل على درجة حرارة أعلى.



ألكس مولر

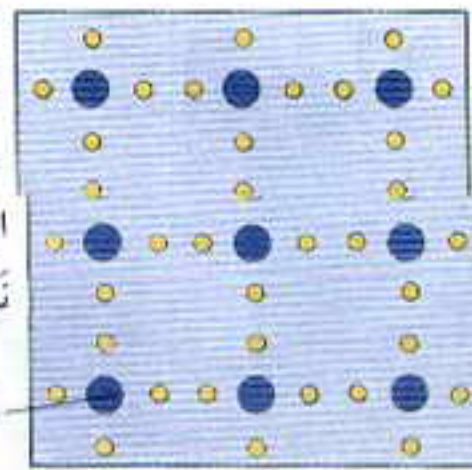
المشكلة الرئيسية في الموصلات الفائقة التوصيل هي ضرورة حفظها على درجة حرارة تقارب الصفر المطلق (صفر كلفن أي - ٢٧٣°س)، وهذه أخفض درجة حرارة ممكنة. لكنَّ الفيزيائي السويسري، ألكس مولر (المولود عام ١٩٢٧)، ومُساعدُه جورج بِنُورز (المولود عام ١٩٥٠)، اكتشفا أنَّ مادةَ حَزَفِيَّةٍ من أكسيد النحاس، تحوي الباريوم والنترون، تغدو فائقة التوصيل على درجة ٣٥° ك (- ٢٣٨°س). وقد نالوا بذلك جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٨٧. وفي العام ١٩٨٨، توصَّل آخرون إلى تصنيع مادة حَزَفِيَّةٍ فائقة التوصيل على درجة ١٢٣° ك (- ١٥٠°س). لكنَّ لم يتوصَّل بعدُ أحدٌ إلى صنع موصِّل فائقٍ يعمل على درجة حرارة الغرفة.

الكهرباء والأيونات

يشري التيار في بعض المحاليل، لا كإلكترونات بل كجسيمات مشحونة تدعى أيونات. والطلاء الكهربائي تطبيق عملي على ذلك لتغطية جسم ما بطبقة فلزية. فيوصل الجسم المراد طلاؤه بالطرف السالب للمصدر الكهربائي لجعله الإلكترود السالب الذي يجذب إليه الأيونات الموجبة الشحنة (من فضة أو نحاس أو خارصين) فينطلي بها.

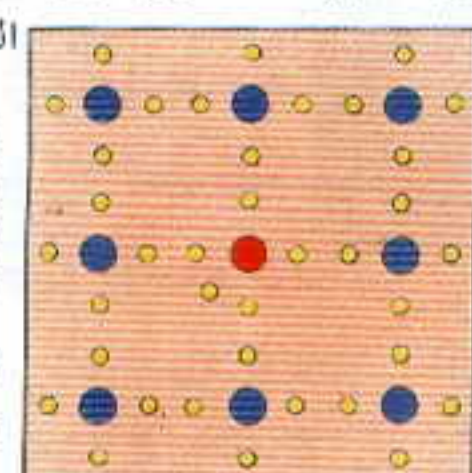
السليكون النقي

يوجد أربع إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة من السليكون النقي. وتعاود هذه (كما الإلكترونات الأخرى) شحنات موجبة مساوية في نواة الذرة؛ لذا فذرة السليكون كمجموع متعادلة.



شبه موصل من النمط-م

يوجد ثلاثة إلكترونات في الغلاف الخارجي للذرة البورون؛ فإذا أضيف إلى السليكون كميات قليلة من البورون، ترك هذه الإضافة ثقبًا أو شغرات إلكترونية تجعل المادة موجبة وشبه موصلة موجبة النمط (م-م).



شبه موصل من النمط-س

يوجد في الغلاف الخارجي للذرة من الزرنيخ أو الفسفور خمسة إلكترونات. فإذا أضيف مقدار ضئيل من أي منهما إلى السليكون، تجلب هذه الإضافة إليه إلكترونات طليقة تجعله شبه موصِّل سالب النمط (النمط-س).

شبه الموصلات

المواد الغير جيدة التوصيل للكهرباء تدعى شبه موصلات أو أشباه فلزات. وهي تُستخدم للتحكم في التيار في الأجهزة الإلكترونية. وأكثر هذه المواد استخدامًا هو السليكون المشاب بكميات قليلة من الزرنيخ أو الفسفور أو البورون لتغيير خواصه الكهربائية وجعله شبه موصِّل سالب النمط (نمط-س) أو موجب النمط (نمط-م). في شبه الموصلات من النمط-س، الإلكترونات الطليقة هي التي تحمل التيار؛ أمَّا في شبه الموصلات من النمط-م فتحملها الثقوب. تُستخدم شبه الموصلات في صنع النابض الإلكترونية، كالفائق (أو الجذاذات) السليكونية للحواسيب.



بلورة من السليكون النقي

الأيونات الموجبة الشحنة تنجذب إلى الفلز السالب الشحنة.



الطلاء الكهربائي

الوَّاحِ الدَّارة المطبوعة، الميَّنة أغلاه، كانت قد عُمرت في محلول من كبريتات النحاس؛ ثم مرَّرت الكهرباء عبر المحلول في دائرة وصَّلت الألواح فيها بالكاثود لا يجذب أيونات النحاس التي ترسبت عليها مكونة المسارات النحاسية.

لمزيد من المعلومات انظر

- خصائص المادة ص ٢٢
- البنية الذرية ص ٢٤
- أشياء الفلزات ص ٣٩
- الكهزة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الخلايا والبطاريات

النبائط العاملة بالبطاريات كثيرة، كالراديو والمصابيح والدُمى والساعات وغيرها، وهي تتطلب أشكالاً وأحجاماً مختلفة من البطاريات. بعض البطاريات صغير، بحجم قرصة الدواء، وبعضها الآخر ثقيل لا يمكنك حمله. لكنّها، في معظمها، تشترك في خاصّة مهمّة هي قدرتها على اختزان طاقة كيميائية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. والخلية الكهربائية هي الوحدة الأساسية المولدة للكهرباء؛ وتتألف البطارية من مجموع اثنين أو أكثر منها. غير إنّنا نستخدم كلمة بطارية أيضاً عندما نتحدث عن خلية واحدة كالخلية الجافة، أو الخلية القُرصية الصغيرة في ساعة مثلاً. الخلايا «تضخ» الإلكترونات عبر الموصلات كما المضخات السوائل عبر الأنابيب.

الحجم الحقيقي

خلية أكسيد الزئبق

الكثير من الساعات الإلكترونية يعمل بوحدة من خلايا أكسيد الزئبق. وتوفر الخلية من هذا النوع جهداً أو فُلتية مقدارها ١,٣٥ فُلت لفترة طويلة.



داخل الخلية

تتألف الخلية النموذجية من أجزاء رئيسية ثلاثة هي: الإلكترود (أو القطب) السالب، الإلكترود (أو القطب) الموجب، والكهرل هو مادة كيميائية أو مزيج من الكيماويات السائلة أو المعجونية الرخوة القوام الموصلة للكهرباء لأنّ مقوماتها تتفكك إلى مجموعات من الذرات المشحونة تدعى أيونات. وتتسبب التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل الخلية في سريان الإلكترونات من الإلكترود السالب إلى النبطية المشغلة ثمّ عوداً عبر الإلكترود الموجب.

خلية النيكل والكادميوم

خلية النيكل والكادميوم، بخلاف سائر الخلايا الجافة المألوفة، يمكن إعادة شحنها؛ فتصبح تكلفة دُمى البطاريات العاملة بها أقل بكثير.



الحجم الحقيقي



الحجم الحقيقي

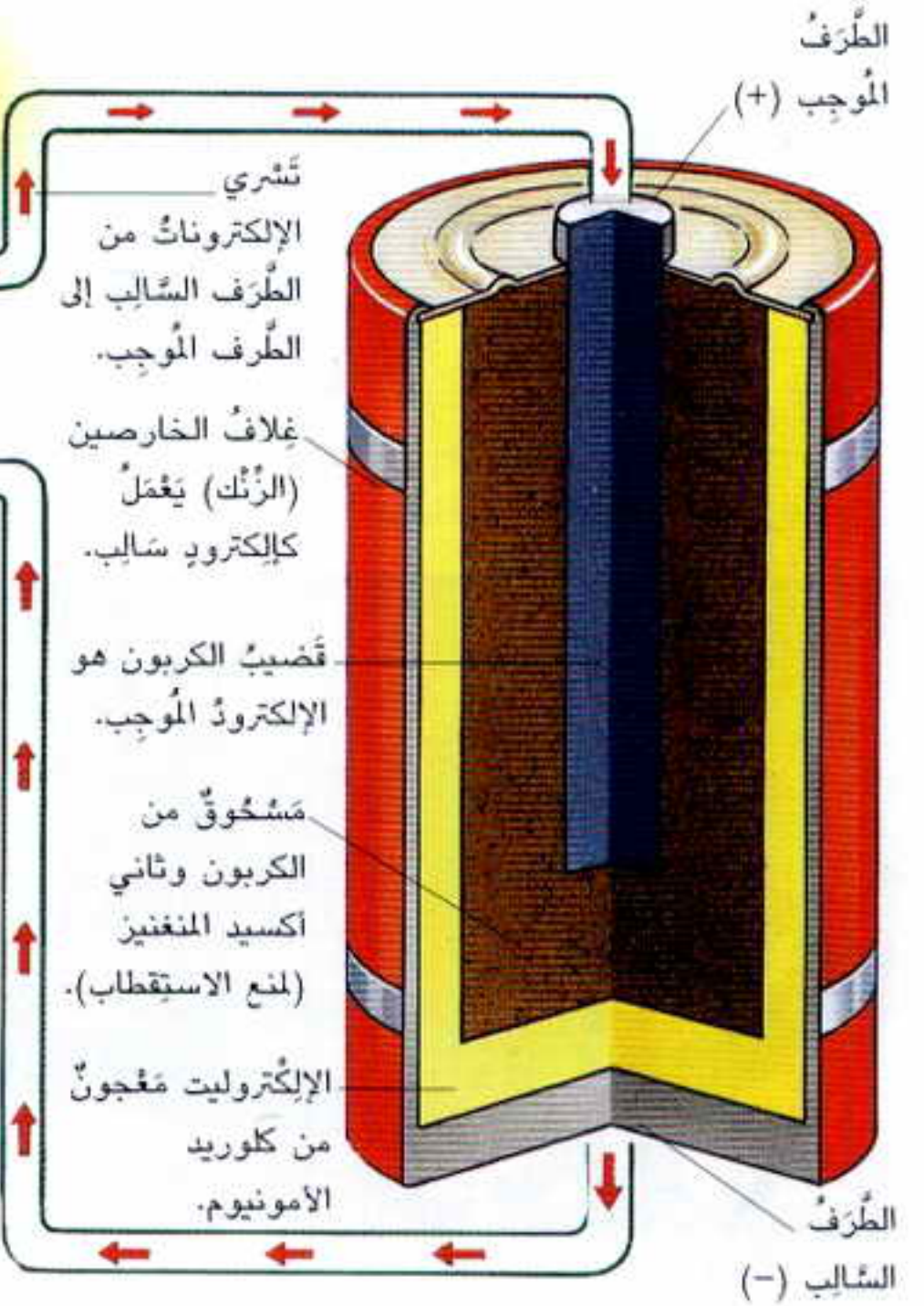


البطاريات (أعمدة الخلايا) الجافة

تستخدم البطاريات الجافة العادية في معظم المشاعل ومصابيح الجيب الكهربائية. وتتألف الإلكتروليت فيها من كلوريد الأمونيوم؛ لكن الخلايا الأقوى تياراً تستخدم كلوريد الخارصين. أمّا الخلايا القلوية ذات التيار الأشد والتي تدوم لفترات أطول، فتستخدم هيدروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت.

داخل الخلية الجافة

أشهر أنواع الخلايا هي الخلية الجافة التي تعمل على مبدأ الخلية التي اخترعها المهندس الفرنسي جورج لكلانشيه عام ١٨٦٥. غير أنّ الإلكتروليت في خلية لكلانشيه سائل، أمّا في الخلايا الجافة العصرية فالإلكتروليت معجون رطب من كلوريد الأمونيوم. المسحوق الكربوني الممزوج بثاني أكسيد المنغنيز يمنع استقطاب الخلية - أي تجمع الهيدروجين كغاز حول قضيب الكربون فيها - مما يوقف الخلية عن العمل.



القوة الدافعة الكهربائية

القوة الدافعة الكهربائية لخلية أو بطارية تدفع الإلكترونات لتسري في الدارة الكهربائية، وهي تُقاس بوحدة الفُلت. تعتمد القوة الدافعة الكهربائية للخلية على نوعيتها؛ فهي في الخلايا الجافة، مثلاً، ١,٥ فُلت.



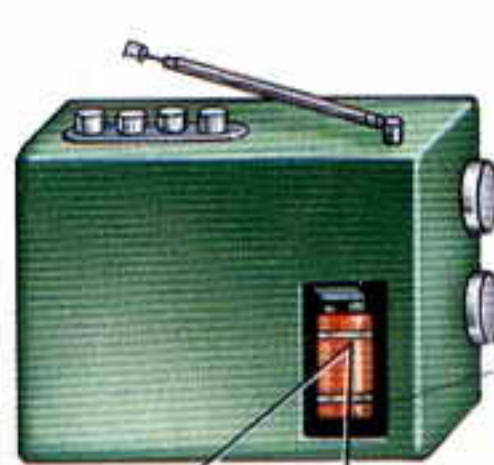
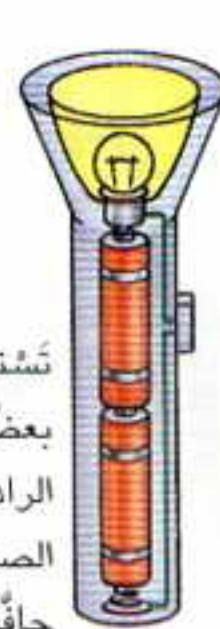
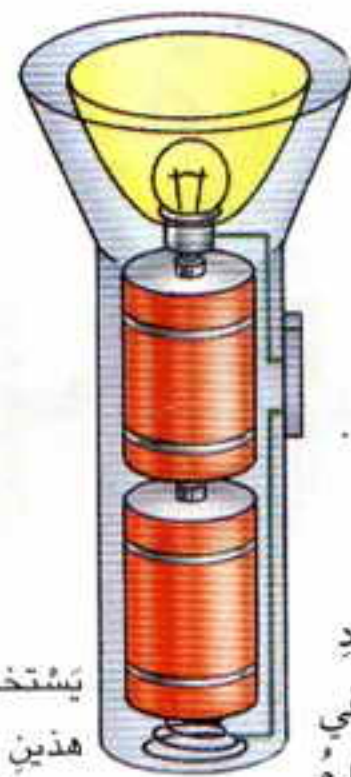
ألساندرو فولتا

اخترع الكونت الإيطالي ألساندرو فولتا (١٧٤٥-١٨٢٧) أول بطارية. تألفت الخلية الواحدة في بطارية فولتا من قرص نحاسي وقرص خارصيني كإلكترودين بينهما قطعة من القماش المشرب بمحلول ملحي كإلكتروليت؛ وكانت قوتها الدافعة الكهربائية قليلة. ثم اكتشف فولتا أنّه بركم عدّة من هذه الخلايا يحصل على قوة دافعة أكبر - فكانت البطارية الأولى وعُرفت بعمود فولتا. وتكريماً له سُميت وحدة القوة الدافعة الكهربائية «الفُلت» باسمه.



حجم البطارية

تستوعب معظم المصابيح الكهربائية بطاريتين جافتين أو أكثر وتوصل هذه البطاريات على التوالي، أي واحدة بعد الأخرى، كما في عمود فولتا؛ مما يزيد من حجم القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك). فإذا وصلنا بطاريتين على التوالي، فطية الواحدة منهما ١,٥ فولت، يكون حجم القوة الدافعة الكهربائية ٣ فولت. وبزيادة القوة الدافعة الكهربائية تزداد شدة التيار في الدارة الكهربائية. والمصابيح القوية تستخدم أربع بطاريات أو أكثر. إن حجم البطارية ذاته لا علاقة له بقوتها الدافعة الكهربائية، إذ إن قوتها الكيماوية فقط هي التي تحدد ذلك، لكن البطارية الكبيرة تدوم فترة أطول من البطارية الصغيرة من النوع ذاته.

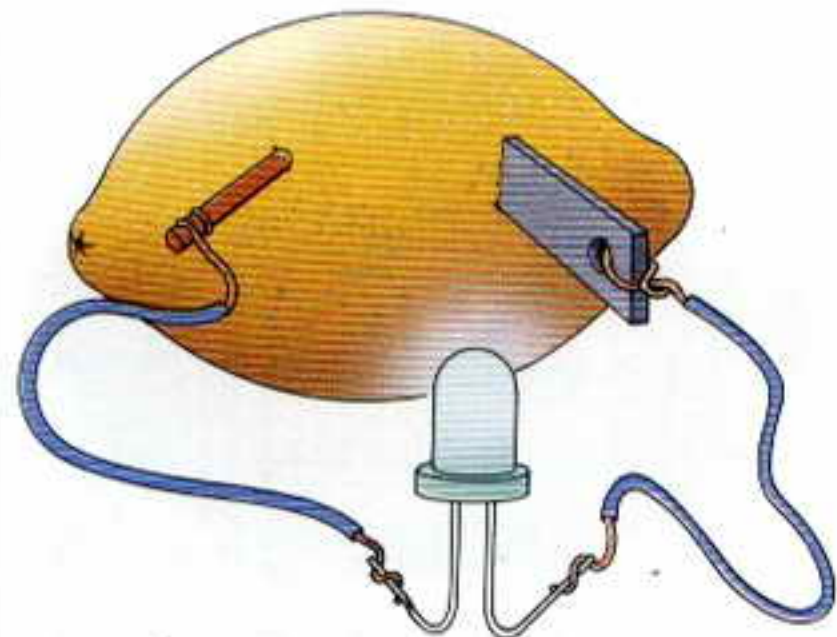


يستخدم كل من هذين المصباحين بـ ٣ فولت لأن حجم القوة الدافعة للبطاريتين متراسة في عمود في كل منهما ٣ فولت. قولنا الأولى.



خلية من ليمونة حامضة

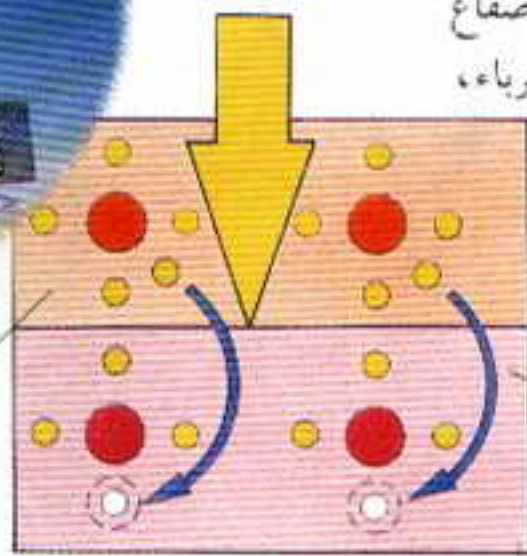
يمكنك صنع خلية بسيطة بعرز جسيمين من فلزيين مختلفين في ليمونة حامضة؛ فيشكل الفلزان إلكترودي الخلية، وتشكل عصارة الليمونة الإلكتروليت. استخدام إلكترودين من الخارصين والشحاس فتحصل على ق.د.ك تجعل الداود (الضمان الثاني) الضوء يشع بوميض مرئي.



الخلايا الشمسية

الخلايا الشمسية، بخلاف الخلايا العادية، لا تعتمد على الطاقة الكيماوية؛ بل تحول الطاقة الضوئية مباشرة إلى كهرباء - لذا تعرف أيضا بالخلايا الفلطانية الضوئية. والخلايا الشمسية هي في معظمها دايودات سيليكونية. تعمل بعض الحاسبات الجيبية الصغيرة بخلايا شمسية؛ لكن، في بعض الأصقاع، النائية البعيدة عن موارد الكهرباء، كالقطب الجنوبي، تستخدم ماطورات ضخمة، تضم الكثير من الخلايا الشمسية، كمورد طاقة بديل.

ضوء

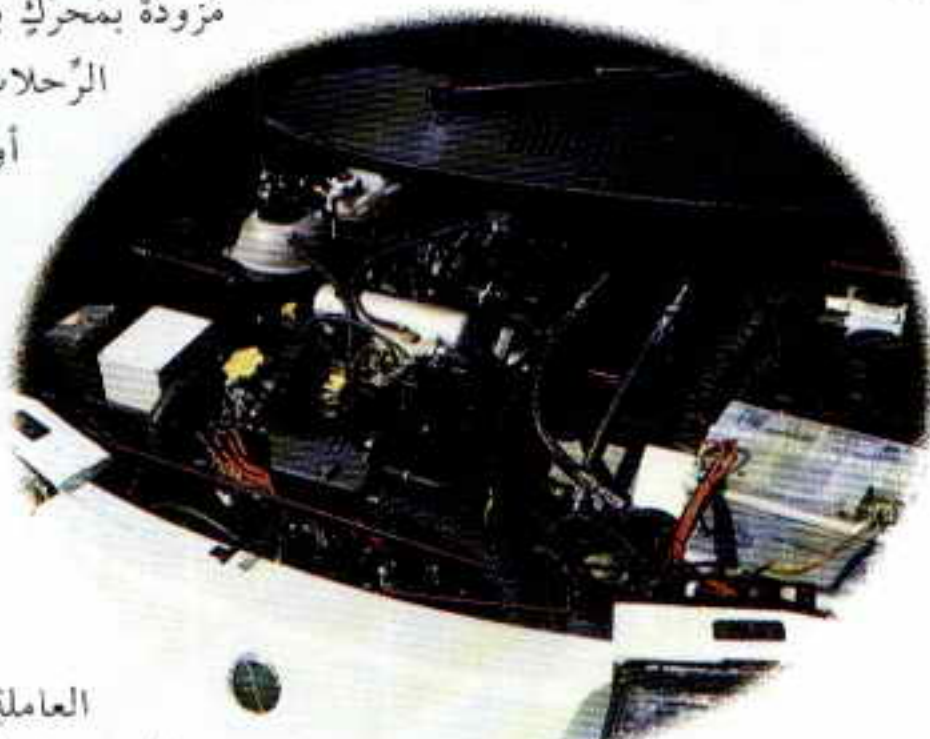


شبه موصل من النمط-م

شبه موصل من النمط-س

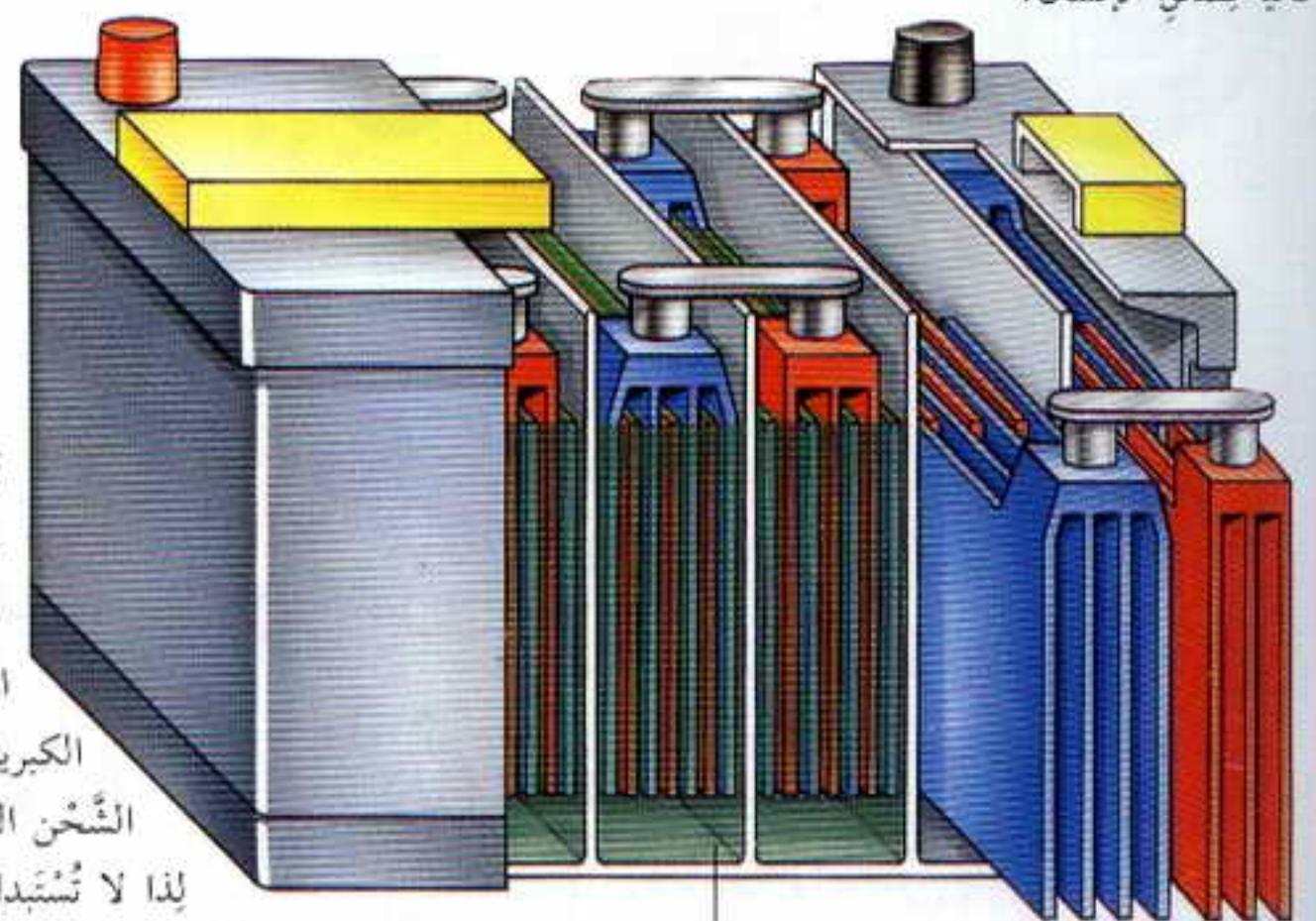
السيارة الكهربائية

تستخدم هذه السيارة بطارية للسير في المدن وهي مزودة بمحرك بزيني لبقاء البطارية مشحونة في الرحلات الأطول. هناك حاليا نماذج أولية لسيارة كهربائية تعمل بالبطارية فقط، لكن البطارية المستخدمة ضخمة ولا تدوم طويلا؛ وعند الحاجة شحن البطارية ليلا من الشبكة الرئيسية حين يخف ضغط الاستهلاك. والميزة الرئيسية للسيارات الكهربائية هي أنها أقل تلويثا للهواء من تلك العاملة بمحرك البنزين أو الديزل. وهكذا تعتبر السيارة الكهربائية إحدى السبل المهمة في معالجة مشاكل التلوث.



بطارية السيارة (المركم)

تستخدم معظم السيارات بطارية جهدها ١٢ فولتا. وتحتوي البطارية ست خلايا تتألف واحدها من صفيحة من الرصاص وأخرى من ثاني أكسيد الرصاص مغمورتين في محلول من حامض الكبريتيك بجهده ٢ فولت. وهذه الخلايا قابلة لإعادة الشحن الكهربائي بعد الاستعمال، بخلاف الخلايا الجافة. لذا لا تستبدل بطارية السيارة إلا إذا تعطلت. الخلايا التي لا يمكن إعادة شحنها تسمى خلايا أولية؛ أما القابلة لإعادة الشحن فتسمى خلايا ثانوية. بطارية السيارة مركم حمضي رصاصي يمد أجهزتها بالقدرة الكهربائية ويعاد شحنه بتيطة في السيارة تدعى المنوب.



حاوض الكبريتيك

تتولد الكهرباء من تفاعل الصفائح مع حامض الكبريتيك.

صفحة من ثاني أكسيد الرصاص

لمزيد من المعلومات انظر

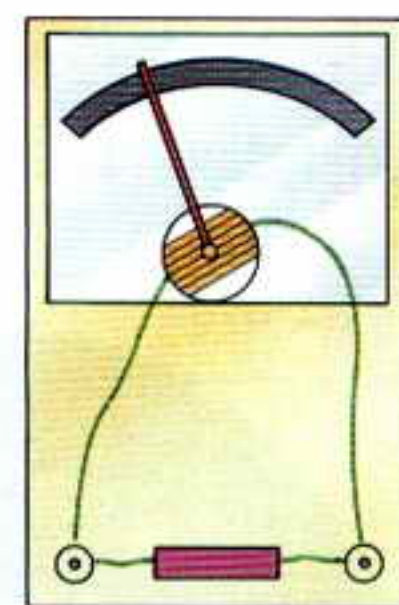
- الترابط الكيماوي ص ٢٨
- الفلزات الانتقالية ص ٣٦
- أشباه الفلزات ص ٣٩
- الكهولة (التحليل بالكهرباء) ص ٦٧
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- المولدات ص ١٥٩
- الضوء ص ١٩٠
- العضلات ص ٣٥٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الدَّاراتُ الكهربائيَّة

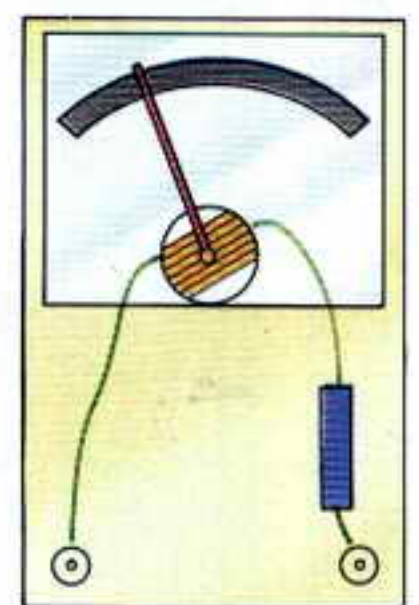
عندما تُضيءُ مِصباحًا كهربائيًا، فإنَّكَ تُكْمِلُ دائرةً كهربائيَّةً بسيطةً، تُسري الكهرباءُ فيها من البطارية، عبرَ المِقْلَادِ (المِفْتَاح) والبُصْبِلَةِ ثُمَّ عَوْدًا إلى البطارية. فالدَّارةُ هي المَسَارُ الذي تتخذهُ الكهرباءُ؛ وأجزاءُ هذا المسارِ كُلُّها مُوصَّلةٌ للكهرباءِ ومُتَّصِلَةٌ بعضها ببعض. والدَّاراتُ الكهربائيَّةُ على نوعين: داراتُ التوالي وداراتُ التوازي. مِصباحُ الجيب الكهربائيُّ مَثَلٌ على دائرةٍ توالي حيثُ كُلُّ مُقَوِّماتِ الدائرةِ مُوصُولٌ الواحدُ تِلْوَ الآخر. في دائرةٍ التوازي تكون البطاريَّاتُ أو بعضُ المُقَوِّماتِ الأخرى مُوصولةً بعضها عبرَ بعض. وفي كلا الدارَتَين، يُمكنُ أَحْتِسَابُ القُلْطِيَّةِ أو المُقاوِمَةِ أو شِدَّةِ التَّيارِ باستخدامِ قانونِ أوم.

دائرة تطبيقية

البطاريَّاتُ الثلاثُ في أعلى الدائرة المُقابلَةِ تُنتِجُ جُهدًا مقداره ١٣,٥ فُلتٌ لأنها مُوصولةٌ على التوالي وجُهدُ الواحدةِ منها ٤,٥ فُلتٌ. فإذا تَسَبَّبَ عَظْلٌ في سَريانِ تَيارٍ أَشَدَّ مِمَّا يَجِبُ في الدَّارةِ يَنْصَهَرُ المِصْهَرُ وَيَقْطَعُ الإمدادُ من البطاريَّاتِ. أحدُ المِقياسَينِ المُتَعَدِّدَيِ القياساتِ يَعْمَلُ هنا كأميترٍ لقياسِ شِدَّةِ التَّيارِ السَّاري في بُصْبِلَةٍ بينما يُسْتَخْدَمُ الآخرُ كقُلْطَمِترٍ لقياسِ القُلْطِيَّةِ عبرَ بُصْبِلَةٍ أُخرى.



الأميترُ مِقياسٌ ذو مَلَفٍ مُتَحَرِّكٍ مُوصُولٍ على التوازي بمُقاوِمٍ خَفِيفٍ المُقاوِمَةِ - بحيثُ إِنْ تَيارُ الدَّارةِ يَكادُ لا يُنْقَصُ إذا وُصِلَ فيها الأميترُ على التوالي.



القُلْطَمِترُ مِقياسٌ ذو مَلَفٍ مُتَحَرِّكٍ مُوصُولٍ على التوالي بمُقاوِمٍ عَالِي المُقاوِمَةِ. هذا المُقاوِمُ يَمْنَعُ سَريانَ تَيارٍ كَبِيرٍ في القُلْطَمِترِ (وتَغيِيرُ أوضاعِ الدَّارةِ بِذلك).

جورج سيمون أوم

أوجَدَ الفيزيائيُّ الألمانيُّ جورج سيمون أوم (١٧٨٧-١٨٥٤) العلاقةَ بينَ شِدَّةِ التَّيارِ الكهربائيِّ والمُقاوِمَةِ وَفَرَقِ الجُهدِ الكهربائيِّ (القُلْطِيَّةِ) فيما يُعرفُ بقانونِ أوم - المُمَثَّلُ بالمُعَادَلَةِ التَّالِيَةِ:
ف (فَرَقُ الجُهدِ الكهربائيِّ) «بالفُلتِ» = ت (شِدَّةُ التَّيارِ) «بالأميترِ» \times م (المُقاوِمَةُ) «بالأوم». وقد سُمِّيتِ وَحْدَةُ قِياسِ المُقاوِمَةِ الكهربائيَّةِ، الأوم، بِاسْمِهِ.



ثلاثُ بطاريَّاتٍ، جُهدُ الواحدةِ منها ٤,٥ فُلتٌ مُوصولةٌ على التوالي، تُوفِّرُ ق.د.ك. مقدارها ١٣,٥ فُلتٌ.

يُحوي حَامِلُ المِصْهَرِ مِصْهَرًا خُرطوشيًا - كَالْمِثْلِ بِجَانِبِهِ. يَنْصَهَرُ فِلْزُ المِصْهَرِ عِنْدَ تَجاوُزِ التَّيارِ حَدًّا مُعَيَّنًا لِعَظْلِ طارِئٍ.

المِقياسُ المُتَعَدِّدُ القياساتِ المُعَدَّلُ لِمدى ٢٥٠ ملي أميترٍ والمُوصُولُ على التوالي بِهذا الفِرْعِ من الدَّارةِ يُبَيِّنُ تَيارًا شِدَّتُهُ ١٦٥ ملي أميترٍ.

مِقْلَادٌ يَحْكُمُ سَريانَ التَّيارِ عبرَ الدَّارةِ بِكامِلِها.

يُسَبِّبُ المُقاوِمُ مُهْوَطًا في الجُهدِ مقداره ٧,٥ فُلتٌ، بحيثُ تَصْبِغُ القُلْطِيَّةُ الباقِيَةُ (أي ٦ فُلتٌ) مُلائِمَةً لِلْبُصْبِلَةِ في هذا الجُزْءِ من الدَّارةِ.

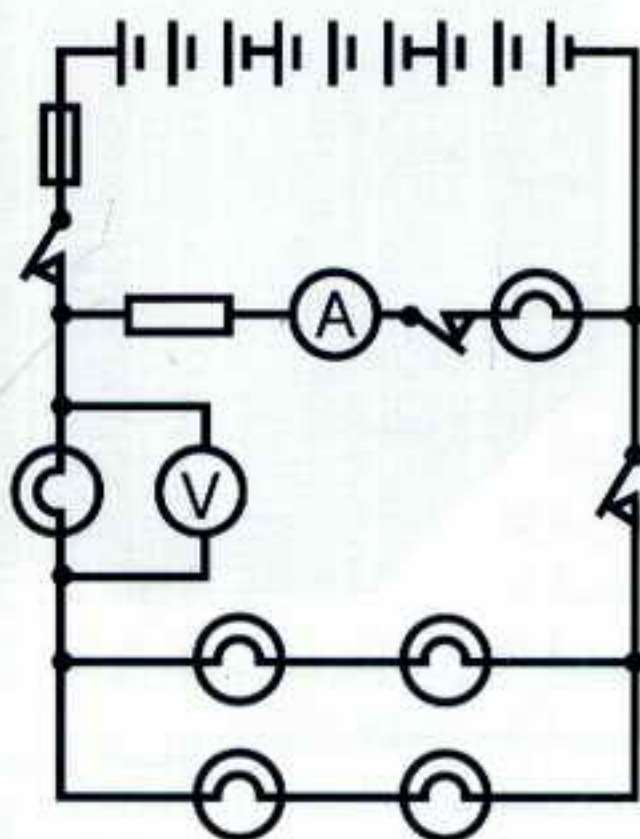
مِقْلَادٌ يَحْكُمُ في التَّيارِ السَّاري عبرَ هذا الفِرْعِ من الدَّارةِ.

المِقياسُ المُتَعَدِّدُ القياساتِ المُعَدَّلُ لِمدى ١٠ فُلتٌ يُبَيِّنُ جُهدًا مقداره ٥ فُلتٌ عبرَ البُصْبِلَةِ.

مِقْلَادٌ يَحْكُمُ في التَّيارِ السَّاري عبرَ هذا الفِرْعِ من الدَّارةِ.

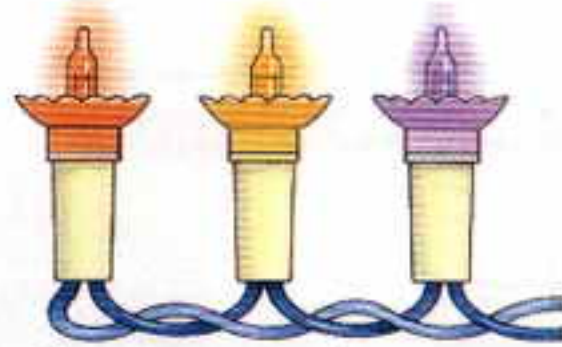
رُوجانِ من البُصْبِلاتِ المُتَمَثِّلَةِ المُتَتَالِيَةِ مُوصُولانِ على التوالي. التَّيارُ السَّاري في البُصْبِلاتِ مُتَساوٍ.

الرَّسْمُ التَّخْطِيطِيُّ لِلدَّاراتِ تُمَثِّلُ مُقَوِّماتِ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ بِرُمُوزٍ مُعَيَّنَةٍ في رِسمٍ تَخْطِيطِيٍّ يُبَيِّنُ كَامِلَ أَجْزَائِها وتوصيلاتها بِوضوحٍ بالغٍ. في التَّخْطِيطِ المُقَابِلِ، لِلدَّارةِ أعلاه، أُعِيدَ تَرْتِيبُ بعضِ الأسلاكِ لِتَبْسيطِ الرِّسمِ؛ لَكِنَّ ذلكَ لا يُؤَثِّرُ أَبَدًا في تَبْيَانِ طَرِيقَةِ عَمَلِ الدَّارةِ الكهربائيَّةِ.



دوائر التوالي والتوازي

يسري التيار الكهربائي في دائرة كاملة لا انقطاع فيها. وقد تكون أجزاء أو مقومات الدارة موصولة على التوالي أو على التوازي. في دائرة التوالي تتصل المقومات واحدًا بعد الآخر، كشابك الأيدي في حلقة؛ أما في دائرة التوازي فتتصل المقومات بعضها عبر بعض.



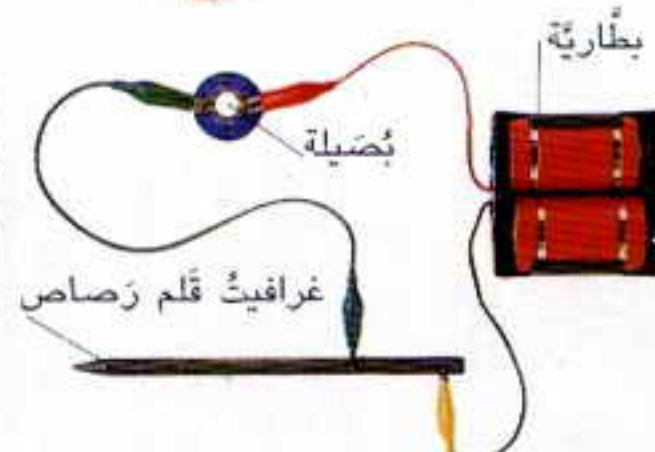
أضواء الخفلات البديعة توصل الواحد تلو الآخر على امتداد السلك نفسه من كبل مزدوج. أما السلك الآخر فيكمل الدارة عودًا من آخر السلسلة إلى القابس وتأخذ الإمداد.

التوصيل على التوالي

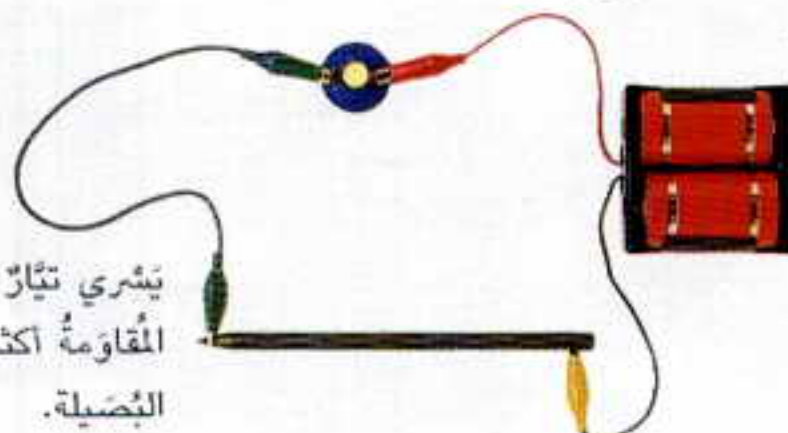
عند وصل المقومات في دائرة على التوالي يزداد مجمل المقاومة. فالتيار الساري من المصدر نفسه في مجموعة من المقومات أخفض بكثير من التيار الساري في دائرة المقاوم الواحد. في بعض أطقم أنوار الخفلات تكون البصيلات موصولة على التوالي؛ فإذا تعطلت واحدة منها، تعطل الطقم بكامله.

المقاومة

كلما ازدادت المقاومة في دائرة يقل التيار الساري فيها؛ وهكذا يمكن التحكم في التيار الساري في الدارة بمقوم متغير. في الرسم المقابل، يستخدم خافض المصباح مقاومًا متغيرًا، يتألف من الغرافيت في قلم رصاص، لتغيير توهج البصيلة. إن تحرك الملامس الانزلاقي على طول القلب الغرافيتي يغير طول الكربون الذي يسري فيه التيار. فبازدياد طول الغرافيت في الدارة، تزداد المقاومة ويقل التيار فيخفت توهج البصيلة. المقومات المتغيرة الكبيرة المستخدمة لمثل هذا الغرض تدعى ناظمتي التيار (ريوستاتات).



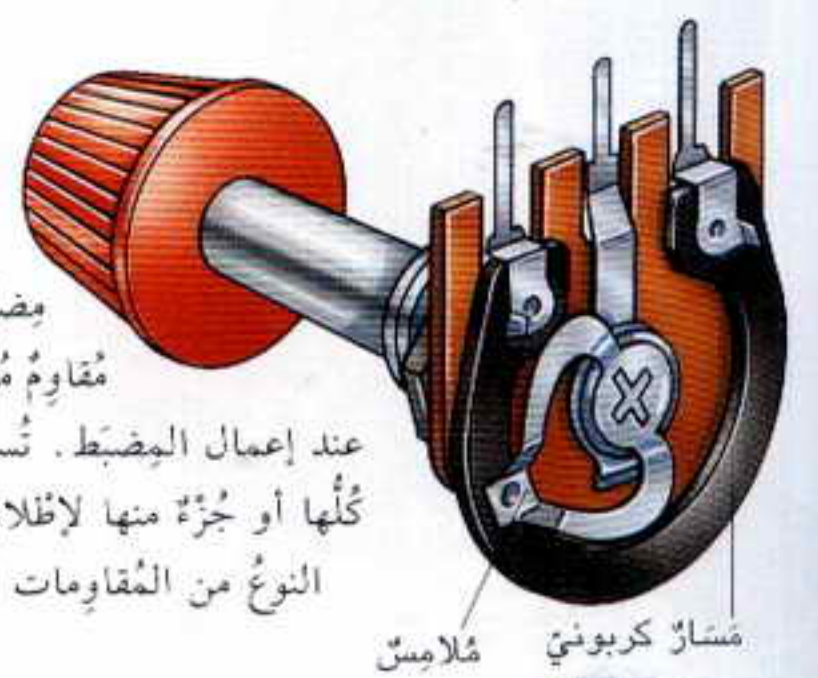
يشري تيار كبير إذا كانت المقاومة قليلة، فتتوهج البصيلة بنور ساطع.



يشري تيار أقل إذا صارت المقاومة أكثر، فيخفت توهج البصيلة.

مضبط الجهارة

مضبط الجهارة في جهاز راديو نموذجي هو مقاوم متغير ذو ملامس ينزلق على مسار كربوني عند إعمال المضبط. تسلط إشارة صوتية عبر المقاوم تستخدم كلها أو جزء منها لإطلاق الصوت تبعًا لمعايرة المضبط. وهذا النوع من المقومات المتغيرة يدعى مفرقًا.



مسار كربوني ملامس

محكام السرعة

محكام السرعة في بعض نماذج أطقم سيارات السباق الكهربائية يمكنك من التحكم في سرعة كل سيارة بمفردها، فعندما تضغط على الزناد، ينزلق ملامس على امتداد مقاوم متغير، موصول على التوالي بماخذ الإمداد ويأخذ السيارات. فإن خففت المقاومة تزداد شدة التيار عبر محرك السيارة وتزداد، بالتالي، سرعتها.



محكام السرعة اليدوي

التوصيل على التوازي

عند وصل المقومات في دائرة على التوازي ينخفض مجمل المقاومة. وبذلك تزداد شدة التيار. ففي مضمار السيارات الكهربائية الدمي يتم توصيل السيارات على التوازي؛ وكلما ازداد عددها ينخفض مجمل مقاومتها، ويزداد مجمل التيار من المورد. والسيارات هنا مستقلة بعضها عن بعض، فإذا تعطلت واحدة منها تستمر الأخرى في العمل.

باستخدام المحكام اليدوي يمكنك تغيير شدة التيار الساري عبر محرك السيارة الدمية عن طريق الشرائح المعدنية في المضمار.



أندريه ماري أمبير

الرياضي والعالم الفرنسي أندريه أمبير (1775-1836) أجرى تجارب مهمة على التيارات الكهربائية. فأوجد للناس وسائل ميسرة لقياس شدة التيار الكهربائي الساري في دائرة كهربائية. وتقديرًا لإسهاماته سميت وحدة شدة التيار «الأمبير» باسمه. والأمبير يُعادل سريان ١٠ × ١٨ إلكترون في الثانية.

حوالي ١٠ × ١٨ إلكترون في الثانية

لزيد من المعلومات انظر

- الكهرباء التيارية ص ١٤٨
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- الكهرباء في البيت ص ١٦١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

المِغْنَطِيسِيَّة

المِغْنَطِيسُ ليس دَبَقًا، لكنَّ الأجسامَ الحديديَّةَ أو الفولاذيَّةَ الخفيفةَ تَعْلُقُ به؛ فهو مُحَاطٌ بِمِجَالٍ قُوَّةٍ لَامَرِيَّةٍ (هي مِجَالُهُ المِغْنَطِيسِيّ) يُؤَثِّرُ في موادَّ مُعَيَّنَةٍ بِالْقُرْبِ مِنْهُ. لِكُلِّ مِغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ جَنُوبِيٌّ وَشَمَالِيٌّ؛ الْأَقْطَابُ الْمُتَشَابِهَةُ تَتَنَافَرُ وَالمُتَخَالِفَةُ تَتَجَادَبُ. في مَفْهُومِنَا العَادِيّ، نُطْلِقُ لَفْظَةَ مِغْنَطِيسٍ عَلَى المِغْنَطِيسِ الدَائِمِ (الَّذِي يَحْتَفِظُ بِمِغْنَطِيسِيَّتِهِ)؛ لَكِنْ أَيْ قِطْعَةً حديدٍ تَتَمَغْنَطُ عَلَى مَقْرَبَةٍ مِنْ مِغْنَطِيسٍ فَتَكْتَسِبُ قُطْبَيْنِ شَمَالِيًّا وَجَنُوبِيًّا وَتُصْبِحُ مِغْنَطِيسًا. أَوَّلُ اسْتِخْدَامَاتِ المِغْنَطِيسِ كَانِ فِي البُوصَلَةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ؛ وَالْيَوْمَ تُسْتَخْدَمُ المِغْنَطِيسِيَّةُ فِي طَرَائِقَ وَمِجَالَاتٍ مُتَعَدِّدَةٍ.



تَتَنظَّمُ بُرَادَةُ الحَدِيدِ حَوْلَ قُضَيْبِ المِغْنَطِيسِ فِي نَمِطٍ مُخَدَّدٍ دَائِمًا، مُظْهِرَةً لِلْعَيَانِ مِجَالَهُ المِغْنَطِيسِيّ. تُبَيِّنُ خُطُوطُ المِجَالِ اتِّجَاةَ إِثْرَةِ البُوصَلَةِ عِنْدَ وَضْعِهَا قُرْبَ المِغْنَطِيسِ، إِذْ إِنَّ تَأْثِيرَ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ عَلَيْهَا حِينئِذٍ قَلِيلٌ جَدًّا نِسْبًا لِشِدَّةِ قُرْبِهَا مِنْ قُضَيْبِ المِغْنَطِيسِ.

مِغْنَطِيسِيَّةُ الْأَرْضِ

الْمِنْطَقَةُ الْمُحِيطَةُ بِالمِغْنَطِيسِ وَالتِي يُتَبَيَّنُ تَأْثِيرُهُ فِيهَا تَسَمَّى مِجَالَهُ المِغْنَطِيسِيّ. وَلِلْأَرْضِ مِجَالٌ مِغْنَطِيسِيٌّ كَمَا لَوْ كَانَتْ فِي دَاخِلِهَا قُضَيْبٌ مِغْنَطِيسِيٌّ دَائِمٌ. وَيُعْزَى هَذَا المِجَالُ إِلَى اللَّبِّ الْمَرْكَزِيِّ الْحَدِيدِيِّ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ.

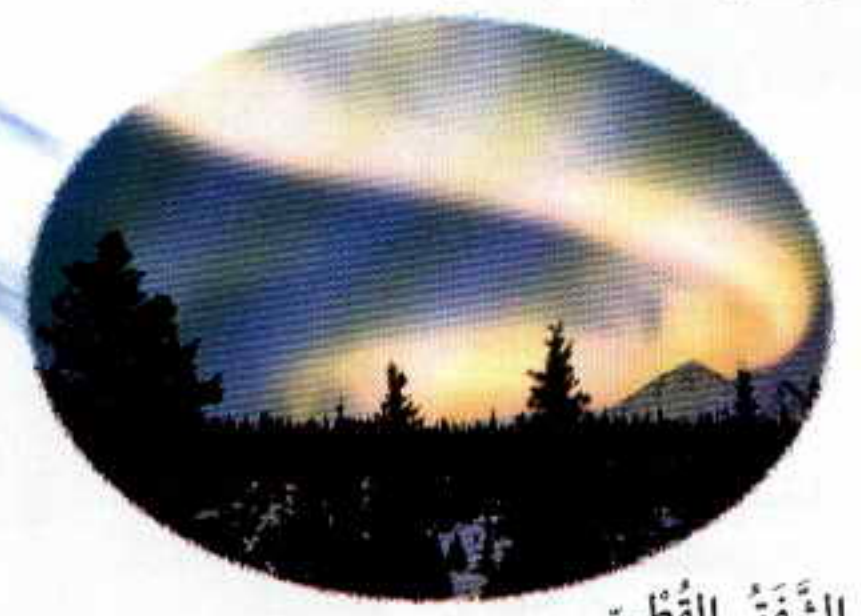


البُوصَلَةُ المِغْنَطِيسِيَّةُ

يَتَّخِذُ المِغْنَطِيسُ الْمُرَكَّزُ عَلَى مِخْوَرِ اتِّجَاهِهَا شَمَالِيًّا جَنُوبِيًّا بِتَأْثِيرِ المِجَالِ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ. وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ فِي البُوصَلَةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ؛ لَكِنْ عَلَى الْبَحَّارَةِ مُرَاعَاةُ أَنَّ البُوصَلَةَ تُشِيرُ فَعَلًا إِلَى الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ المِغْنَطِيسِيّ لِلْأَرْضِ، الَّذِي لَا يَنْطَبِقُ مَوْقِعُهُ تَمَامًا مَعَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ الجُغْرَافِيِّ.

الْأَقْطَابُ

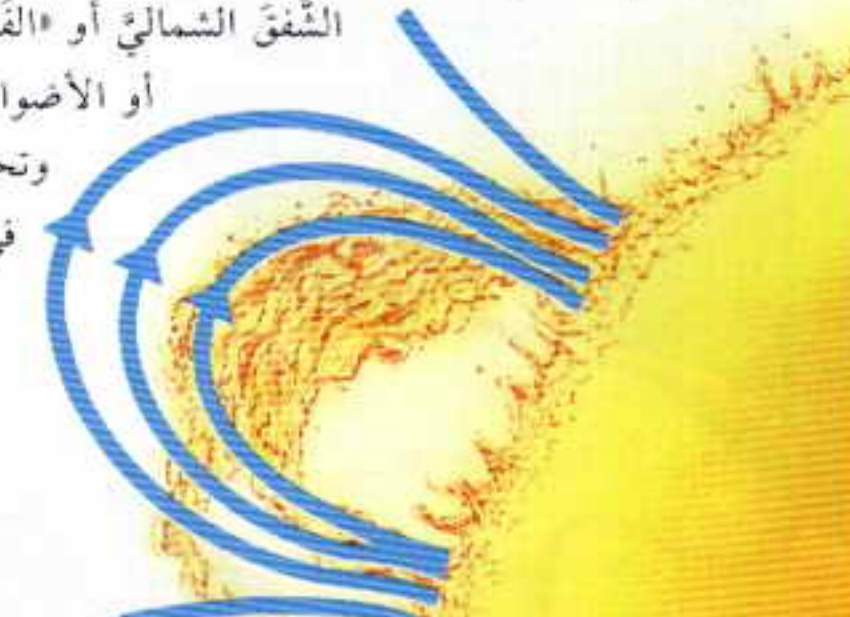
لِكُلِّ مِغْنَطِيسٍ قُطْبَانِ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ - تَبَعًا لِاتِّجَاهِ الَّذِي يَتَّخِذُهُ بِالنِّسْبَةِ لِقُطْبَيِ الْأَرْضِ المِغْنَطِيسِيَّيْنِ. الْمَعْرُوفُ أَنَّ الْأَقْطَابَ الْمُتَضَادَّةَ تَتَجَادَبُ وَالْأَقْطَابَ الْمُتَمَثِّلَةَ تَتَنَافَرُ. فَالْقُطْبُ الشَّمَالِيُّ لِلْبُوصَلَةِ يَتَّجِهُ نَحْوَ الشَّمَالِ لِأَنَّ نِصْفَ الْكَرَةِ الشَّمَالِيَّةِ ذُو قُطْبٍ مِغْنَطِيسِيٍّ جَنُوبِيٍّ. يُمْكِنُ تَبْيَانُ قُوَّةِ التَّجَادُبِ وَالتَّنَافُرِ بَيْنَ المِغْنَطِيسَاتِ بِبُرَادَةِ الْحَدِيدِ.



الشَّفَقُ الْقُطْبِيّ

يَجْدُبُ الْقُطْبَانِ المِغْنَطِيسِيَّانِ لِلْأَرْضِ الْجُسَيْمَاتِ الْمَشْحُونَةَ الْمُتَبَعَّةَ مِنَ الشَّمْسِ. عِنْدَمَا تَصْدِمُ هَذِهِ الْجُسَيْمَاتُ الْجُسَيْمَاتِ الْغَازِيَّةَ فِي الْجَوِّ يُشْعِرُ ضَوْءًا مُلَوَّنًا. فِي نِصْفِ الْكَرَةِ الشَّمَالِيَّةِ يُرَى عَرَضُ الْأَضْوَاءِ الْمُلَوَّنَةِ الْبَهِيَّةِ هَذَا فِي الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنَ الْقُطْبِ الشَّمَالِيِّ، وَيُدْعَى الشَّفَقُ الشَّمَالِيُّ أَوْ «الْفَجَرُ الشَّمَالِيُّ» أَوْ الْأَضْوَاءُ الْقُطْبِيَّةُ الشَّمَالِيَّةُ.

وَتَحْدُثُ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ فِي نِصْفِ الْكَرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ أَيْضًا.



الشُّوَاظُ الشَّمْسِيّ

بِاسْتِخْدَامِ تِلْسُكُوبَاتٍ خَاصَّةٍ، يَسْتَطِيعُ الْفَلَكَاوُنُ تَصْوِيرَ أَنْدَاقَاتِ غَازِ الْهَيْدُرُوجِينِ الْمُتَوَهِّجَةِ عَلَى بُعْدِ مِائَاتِ أَلْفِ الْكِيلُومِتَرَاتِ فَوْقَ سَطْحِ الشَّمْسِ؛ وَتُدْعَى هَذِهِ الشُّوَاظُ الشَّمْسِيَّةُ. وَيَحْوِي الْغَازُ الْمُنْدَفِقُ مِنْ هَذِهِ الشُّوَاظِ جُسَيْمَاتٍ مَشْحُونَةً مُتَحَرِّكَةً. تَتَأَثَّرُ بِمِغْنَطِيسِيَّةِ الشَّمْسِ الْهَائِلَةِ. فَالشُّوَاظُ الشَّمْسِيُّ الْهَائِلُ الْمُبَيَّنُ هُنَا يَرْتَفِعُ بِفِعْلِ الْقُوَّةِ المِغْنَطِيسِيَّةِ.

ماهية المغناطيسية

المُعْتَقَدُ عِلْمِيًّا أَنَّهُ دَاخِلُ قِطْعَةٍ مِنَ الْفُولَادِ مِثْلًا، هُنَاكَ أَحْوَازُ مُمَغْنَطَةٌ فَائِقَةُ الدَّقَّةِ تُدْعَى نُطْقًا. تَتَّخِذُ هَذِهِ النُّطُقُ الْمُمَغْنَطَةُ اتِّجَاهَاتٍ مُتَبَايِنَةً، فَيُظَلُّ بَعْضُهَا مَفْعُولُ الْبَعْضِ الْآخَرِ، وَتَظَلُّ قِطْعَةُ الْفُولَادِ غَيْرَ مُمَغْنَطَةٍ. أَمَّا إِذَا اتَّخَذَتْ هَذِهِ النُّطُقُ الْمُمَغْنَطَةُ اتِّجَاهًا مُوَحَّدًا، فَإِنَّ قِطْعَةَ الْفُولَادِ تُصْبِحُ مَغْنَطِيْسًا قُطْبُهُ الشَّمَالِي فِي الطَّرَفِ الَّذِي تَنْجُو نَحْوَهُ الْأَقْطَابُ الشَّمَالِيَّةُ لِتِلْكَ النُّطُقِ؛ وَيُصْبِحُ الطَّرَفُ الْآخَرُ قُطْبًا جَنُوبِيًّا.



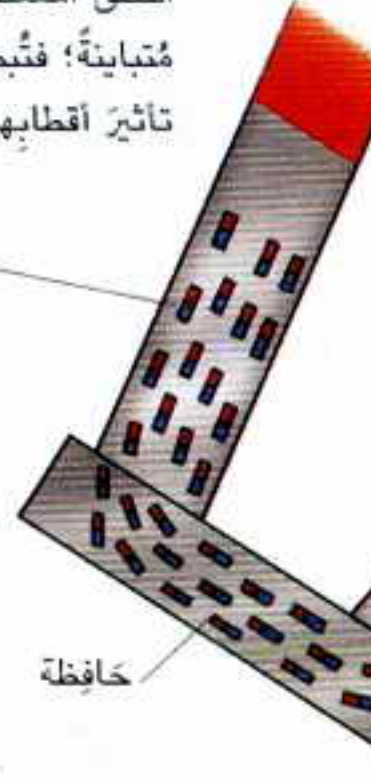
الدَّارَاتُ

المَغْنَطِيْسِيَّةُ

يَفْقِدُ الْمَغْنَطِيْسُ

مَغْنَطِيْسِيَّتَهُ تَدْرِيْجِيًّا

إِذَا مَا تَرَكَّ عَلَى حَالِهِ، لِأَنَّ نُطْقَهُ الْمُمَغْنَطَةَ قَدْ تَنَجَرَفَ عَنْ مَوَاقِعِهَا (بِخَاصَّةٍ إِذَا سَخُنَ الْمَغْنَطِيْسُ أَوْ رُجَّ بَعْنَفٍ) وَتَفَقَّدَ تَسَامُثَهَا. وَلَمَنْعَ خُدُوثِ ذَلِكَ تُوضَعُ قِطْعَةُ حَدِيدٍ، تَسْمَى حَافِظَةً، بَيْنَ قُطْبَيْ الْمَغْنَطِيْسِ النَّضَوِيِّ (وَاتِّثَانٍ بَيْنَ كُلِّ مِنَ الْقُطْبَيْنِ الْمُتَبَايِنَيْنِ لِقَضِيْبَيْنِ مَغْنَطِيْسِيْنِ) بِحَيْثُ تَبْقَى النُّطُقُ الْمُمَغْنَطَةُ فِي الْمَغْنَطِيْسِ مُسَدَّدَةً فِي تَسَامُثِهَا، بَعْضُهَا إِلَى بَعْضٍ فِي مَا يُسَمَّى دَارَةً مَغْنَطِيْسِيَّةً. هَذِهِ التَّرْتِيبَةُ بِالْحَافِظَاتِ تَمْنَعُ فَقْدَانَ الْمَغْنَطِيْسِيَّةِ.



حَافِظَةٌ

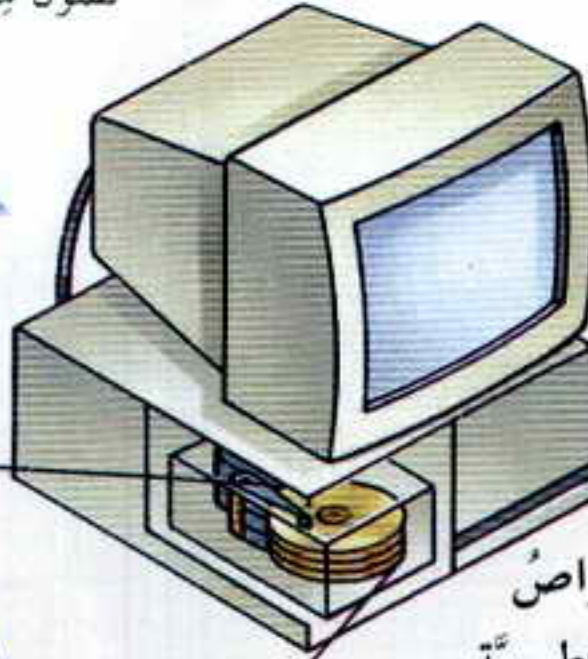
النُّطُقُ الْمَغْنَطِيْسِيَّةُ الدَّقِيقَةُ تَحْتَفِظُ بِتَرَاصُفِهَا بَعْضُهَا بِالنُّسْبَةِ إِلَى بَعْضٍ.

مَغَانِطُ الْبَرَادَاتِ

تُعَلَّقُ عَلَى الْبَرَادَاتِ أحيانًا بِطَاقَاتٍ أَوْ صُورٍ، لِلتَّذْكِيرِ أَوْ الزِّينَةِ، بِمَغَانِطٍ صَغِيرَةٍ. فَالْمَغْنَطِيْسُ الصَّغِيرُ يُشَدُّ بِالْطَّاقَةِ أَوْ الْوَرَقَةِ أَوْ الدُّمِيَّةِ الصَّغِيرَةِ إِلَى حَدِيدِ الْبَرَادِ لِأَنَّ تَأْثِيرَ الْقُوَّةِ الْمَغْنَطِيْسِيَّةِ يَعْمَلُ عَبْرَ الْمَوَادِّ الَّتِي لَا تَمْتَصِفُ. فِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ يَعْمَلُ جِدَارُ الْبَرَادِ (أَوْ الثَّلَاجَةِ) كَحَافِظَةٍ تَصُونُ مَغْنَطِيْسِيَّةَ الْمَغْنَطِيْسِ.



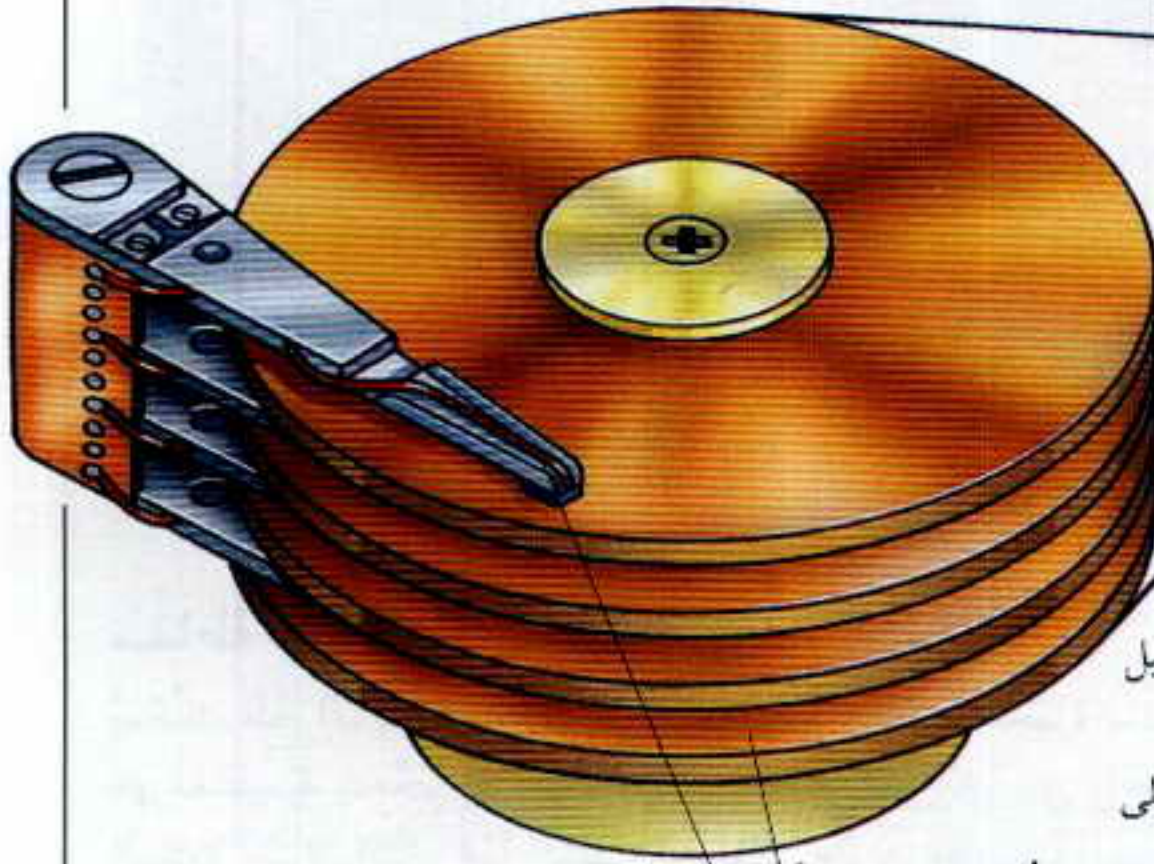
تُخْتَرَنُ الْمَعْلُومَاتُ عَلَى الْقُرْصِ كَنْبَضَاتٍ مَغْنَطِيْسِيَّةٍ تَمَثِّلُ وَاحِدًا (بِالْوُضْعِ) أَوْ صِفْرًا (بِالْقَطْعِ).



الأَقْرَاصُ

المَغْنَطِيْسِيَّةُ

تُخْتَرَنُ الْحَوَاسِبُ مُعْطِيَاتٍ شَتَّى عَلَى أَقْرَاصٍ لَدَائِيَّةٍ مَطْلِيَّةٍ بِطَبَقَةٍ قَابِلَةٍ لِلتَّمْغِنَةِ. تُدْخَلُ الْمُعْطِيَاتُ إِلَى الْحَاسُوبِ عَلَى شَكْلِ إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةٍ كَمَا فِي الْمُسْجَلَةِ السَّرِيبَةِ. فَيُدَوِّمُ الْقُرْصُ وَيَمَرِّرُ رَأْسَ التَّسْجِيلِ فَوْقَ سَطْحِهِ مُحَوِّلًا الْإِشَارَاتِ الْكَهْرَبِيَّةَ إِلَى نَبْضَاتٍ مَغْنَطِيْسِيَّةٍ تَتَرَكُّ الْمَعْلُومَاتُ مُخْتَزَنَةً عَلَى الْقُرْصِ كَأَنْمَاطٍ مَغْنَطِيْسِيَّةٍ.

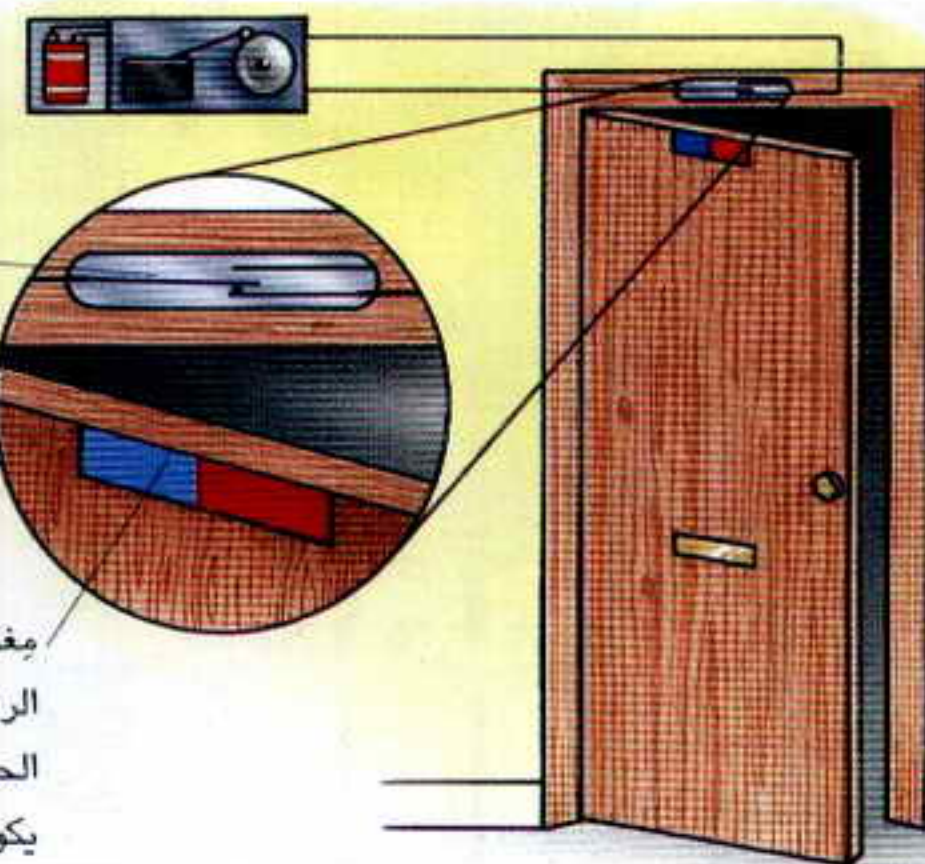


يُنْتَقَلُ رَأْسُ الْقِرَاءَةِ وَالْكِتَابَةِ الْكَهْرَبِيَّةُ، بِتَحَكُّمِ الْحَاسُوبِ، إِلَى جُزْءٍ غُفْلٍ مِنَ الْقُرْصِ لِتَسْجِيلِ الْمَعْلُومَاتِ عَلَيْهِ أَوْ إِلَى الْجُزْءِ حَامِلِ الْمَعْلُومَاتِ لِاسْتِعَادَةِ مَا سُجِّلَ سَابِقًا عَلَيْهِ.

تُحَوِّي سَوَاقَةُ الْأَقْرَاصِ رَضَةً مِنَ الْأَقْرَاصِ الْمَغْنَطِيْسِيَّةِ الْجَاسِيَةِ الْمُرَوْدَةِ بِرَأْسِ قِرَاءَةٍ وَكِتَابَةٍ خَاصٍّ لِكُلِّ مِثْلِهَا.

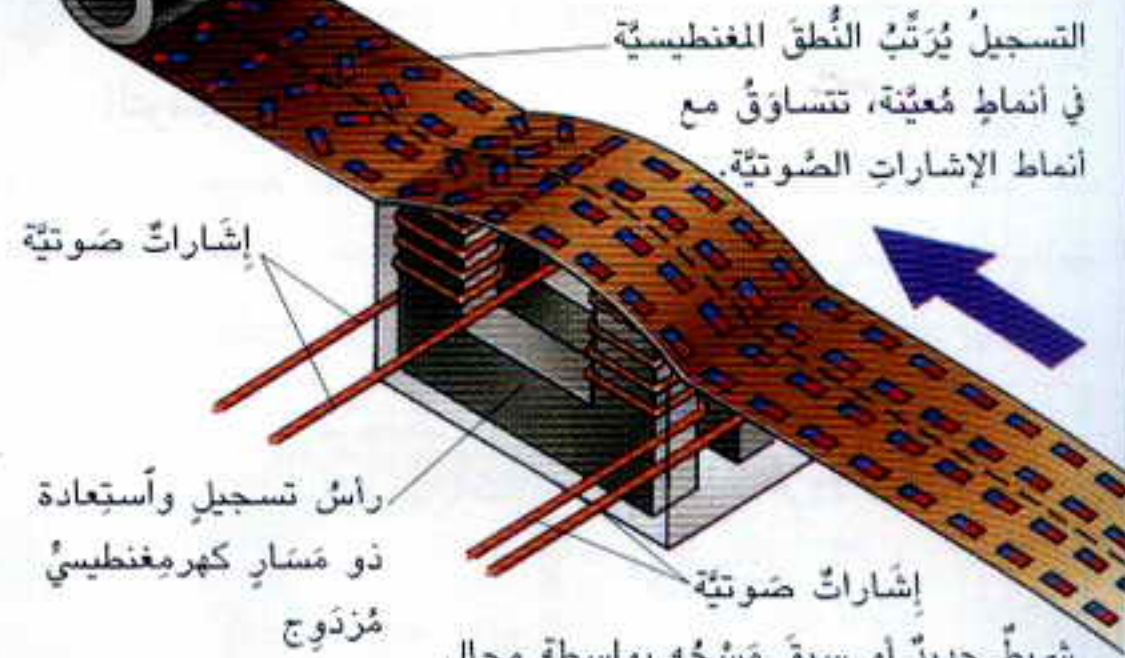
مِقْلَادٌ رِيْشِي النُّصْلِ ذُو رِيْشَةٍ حَدِيدِيَّةٍ وَمُلَاسٍ حَدِيدٍ غَيْرِ مُوَصُولِ (فَوْق) وَمُلَاسٍ مُوَصُولٍ مِنْ مَعْدِنٍ لَا يَتَمَغْنَطُ (تَحْتَ).

مَغْنَطِيْسٌ دَائِمٌ عَلَى الْبَابِ يُشَدُّ الرِيْشَةُ الْحَدِيدِيَّةُ إِلَى الْمُلَاسِ الْحَدِيدِيِّ غَيْرِ الْمَوْصُولِ عِنْدَمَا يَكُونُ الْبَابُ مُقْفَلًا.



شَرِيطُ (تَسْجِيلِ) مَغْنَطِيْسِي

شَرِيطُ التَّسْجِيلِ اللَّدَائِيَّ مَطْلِيٌّ بِطَبَقَةٍ مِنْ أَكْسِيدِ الْحَدِيدِ أَوْ ثَانِي أَكْسِيدِ الْكُرُومِ. يُمَكِّنُ تَسْجِيلُ أَنْمَاطٍ مَغْنَطِيْسِيَّةٍ عَلَى الشَّرِيطِ بِوَسِطَةِ رَأْسِ تَسْجِيلٍ (وَأَسْتِعَادَةٍ) يُحَوِّلُ الْإِشَارَاتِ الصَّوْتِيَّةَ الْكَهْرَبِيَّةَ إِلَى مَجَالٍ مَغْنَطِيْسِيٍّ مُتَغَيِّرٍ يَسْتَجِثُ هَذِهِ الْأَنْمَاطُ الْمَغْنَطِيْسِيَّةَ عَلَى الشَّرِيطِ. عِنْدَ الْاسْتِعَادَةِ يَسْتَجِثُ الشَّرِيطُ الْمُمَغْنَطُ إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةً فِي رَأْسِ الْاسْتِعَادَةِ تَعِيدُ إِنتَاجَ الْأَصْوَاتِ الَّتِي سَبَقَ تَسْجِيلُهَا.



إِشَارَاتٌ صَوْتِيَّةٌ

رَأْسُ تَسْجِيلٍ وَأَسْتِعَادَةٍ

ذُو مَسَارٍ كَهْرَبِيَّةٍ مَغْنَطِيْسِيٍّ

مُزْدَوِجٍ

شَرِيطٌ جَدِيدٌ أَوْ سَبْقٌ مَشْخُوعٌ بِوَسِطَةِ مَجَالٍ مَغْنَطِيْسِيٍّ مُتَنَاطِبٍ عَالِي التَّرْدُدِ يَسْتَبْدِلُ بِالْإِشَارَاتِ الْمُسْجَلَةِ سَابِقًا عَلَى الشَّرِيطِ إِشَارَاتٍ غَيْرَ مَسْمُوعَةٍ عَالِيَةِ التَّرْدُدِ.

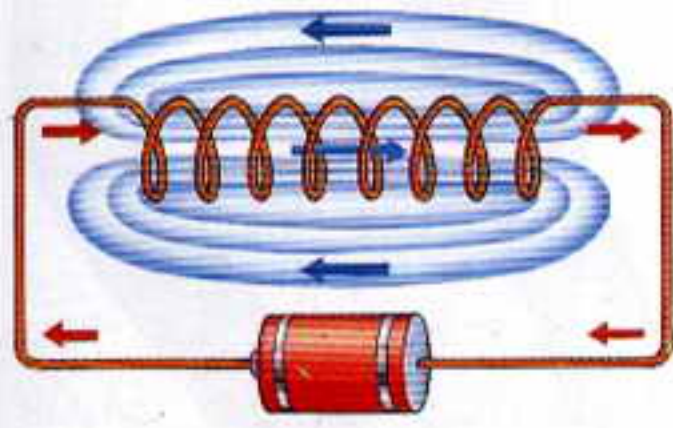
جَرَسُ إِنْذَارٍ ضِدَّ السُّطْلُو

يُرَكَّبُ عَلَى أَعْلَى الْبَابِ (مِنَ الدَّخْلِ) مَغْنَطِيْسٌ دَائِمٌ وَمِقْلَادٌ رِيْشِي النُّصْلِ عَلَى الْإِطَارِ. عِنْدَمَا يَكُونُ الْبَابُ مُقْفَلًا، تَنْضَمُّ شَرِيبَتَا الْحَدِيدِ الْمَغْنَطِيْسِيَّتَانِ الْعُلَوِيَّتَانِ بِتَأْثِيرِ الْمَغْنَطِيْسِ. وَعِنْدَ فَتْحِ الْبَابِ، يَتَعَدُّ الْمَغْنَطِيْسُ، فَتَرْتَدُّ الشَّرِيبَةُ الْمَرْكَزِيَّةُ خَلْفًا لِتَمَسَّ الْمُلَاسَ الْمَعْدِنِيَّ اللَّامَغْنَطِيَّ تَحْتَهَا، مُكْمِلَةً الدَّارَةَ الْكَهْرَبِيَّةَ، فَيَقْرَعُ جَرَسُ الْإِنْذَارِ.

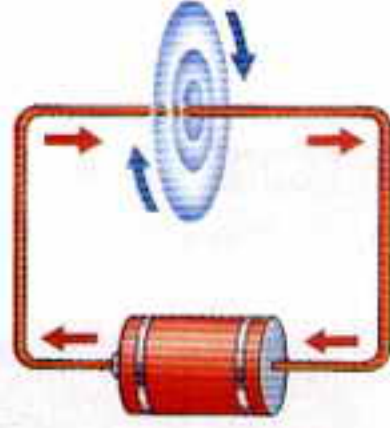
لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْفِلِزَّاتُ الْإِنْتِقَالِيَّةُ ص ٣٦
- الْكَهْرَبِيَّةُ ص ١٥٦
- الْمُحَرِّكَاتُ الْكَهْرَبِيَّةُ ص ١٥٨
- الْمُؤَلَّدَاتُ ص ١٥٩
- بَنِيَّةُ الْأَرْضِ ص ٢١٢
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

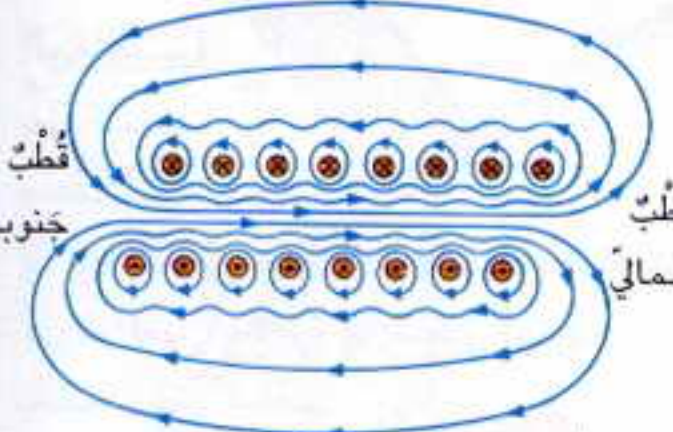
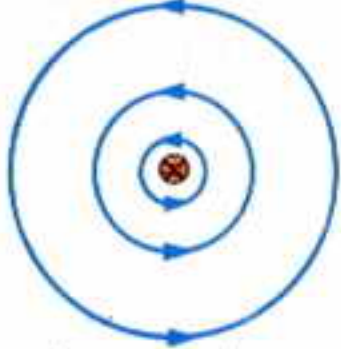
الكهرمغناطيسية



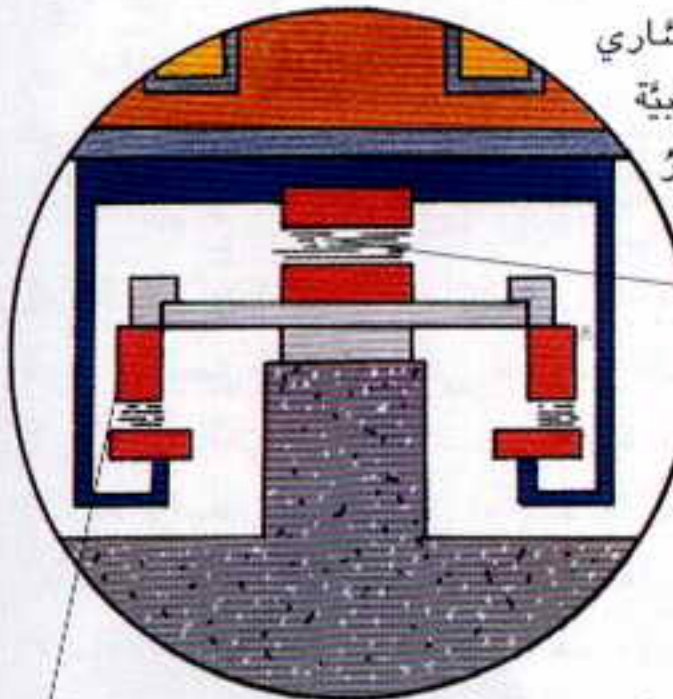
يُولد التيار الكهربائي مجالاً مغناطيسياً. فإذا كان اتجاه التيار أبعداً عنك، يكون المجال باتجاه عقارب الساعة.



عندما يسري تيار كهربائي في ملف سلكي، يتولد مجال مغناطيسي حوله شبيه بمجال قضيب المغناطيس.



المجال حول ملف سلكي تتولد المجالات المغناطيسية حول لفات الملف لتكون مجالاً أقوى. وللملف السلكي قطبان شمالي وجنوبي كقضيب المغناطيس.



تُضبط شدة التيار الساري عبر المغناطيسات الكهربائية أوتوماتيكيًا ليبقى القطار سابعاً على الغلو الصحيح.

يُنصّل قضيباً سلكياً يحويان مغناطيسات كهربائية بجانب المسار؛ ومغناطيسات القطار الكهربائية تعمل باتجاهيهما.

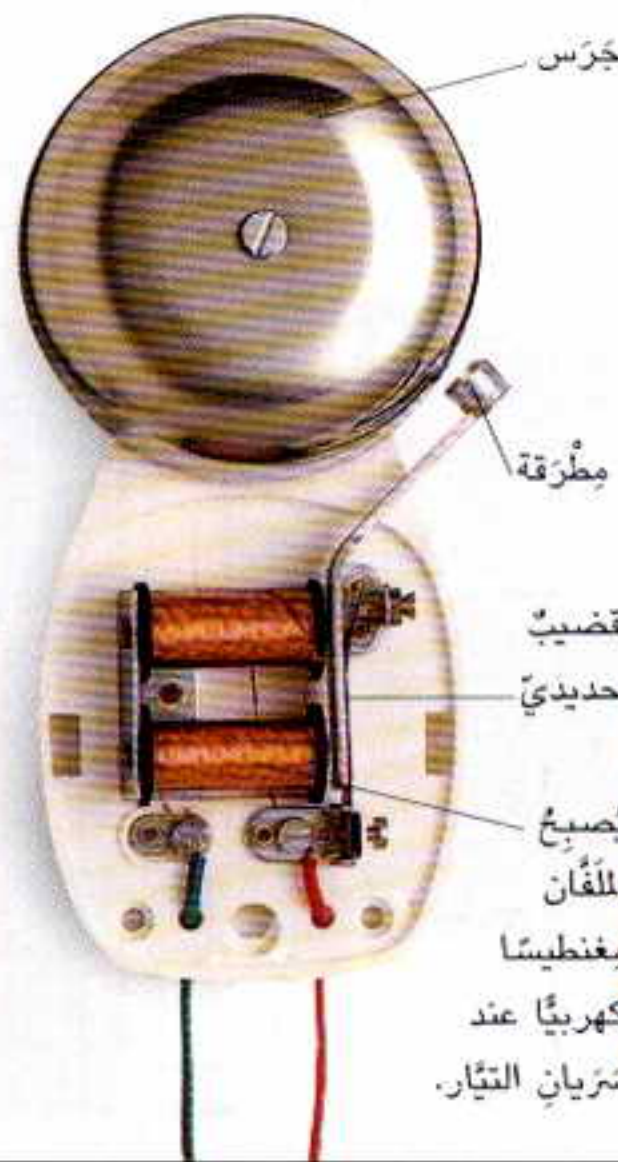


التوسيد المغناطيسي

تُوفّر قطارات التوسيد المغناطيسي (الطافية مغناطيسياً) رحلة هادئة سلسة. هذه القطارات لا تدرج على سكة حديدية بل «تطفو» فوقها بالتوسيد الكهرمغناطيسي. يسري التيار عبر المغناطيسات الكهربائية في المسار وفي مغناطيسات القطار، فيولد مغناطيسية ترفع القطار عن الخط (بالتوسيد المغناطيسي).

هانز كريستيان أورستد

لاحظ الكيميائي والفيزيائي الدانمركي، هانز كريستيان أورستد (1777-1851)، أثناء تجاربه على بعض الأجهزة الكهربائية، عام 1820، أنه عند إمرار تيار قوي في سلك انحرفت إبرة البوصلة القريبة منه؛ ولم تعد تشير إلى الشمال. ف أدرك أن التيار الكهربائي ولد مغناطيسية أثرت على اتجاه الإبرة؛ وهكذا اكتشف أورستد العلاقة بين الكهرباء والمغناطيسية (الكهرمغناطيسية).



سقاطة (مزلاج) الباب

يمكنك فتح الباب الخارجي من غير موقعه إذا كان مُجهّزاً بسقاطة كهرمغناطيسية يتحكّم بها ملفّ لولبي. فعند كبس زر من داخل البيت، يسري التيار عبر الملفّ اللولبي، ويولد مغناطيسية تسحب السقاطة الحديدية إلى داخل الملفّ، فيتمكّن الزائر من فتح الباب. بعدئذ يُعيد نابض خاص السقاطة ليرتج الباب.



جرس الباب

جرس الباب الكهربائي يعمل بالكهرمغناطيسية (الكهرمغناطيسية). فعندما يرنّ زائر الجرس، يسري التيار عبر المغناطيس الكهربائي، فينجذب، بمجاله المغناطيسي، قضيب حديدي مُتصل بمطرقة ويقرع الجرس. حركة القضيب المطرقي هذه تقطع الدارة، فتزول مغنطة المغناطيس الكهربائي ويرتد القضيب الحديدي إلى موقعه مُعيداً وصل الدارة. وتكرّر هذه العملية بسرعة بحيث يُسمع رنين الجرس متواصلاً.

مِغْنَطِيسُ كَهْرَبِيّ

ترداد قُوَّةِ الْمَجَالِ الْمَغْنِطِيسِيِّ لِلْمِلَفِّ بَوْضِعِ
قَلْبٍ حَدِيدِيٍّ دَاخِلِهِ. فَإِذَا لَفَفْتَ مِثْلًا، عِدَّةَ
لَفَافٍ مِنْ سِلْكٍ نَحَاسِيٍّ مَعْزُولٍ حَوْلَ مِسْمَارٍ
حَدِيدِيٍّ، تَحْصُلُ عَلَى مَغْنِطِيْسٍ كَهْرَبِيٍّ قَوِيٍّ.
وَمِنْ الضَّرُورِيِّ أَنْ يَكُونَ السِّلْكُ مَعْزُولًا كَيْ لَا
يَتَخَطَّى التِّيَّارُ اللَّفَافِ السِّلْكِيَّةَ وَيَمُرَّ فِي
المِسْمَارِ. وَصُلِّ مَغْنِطِيْسُكَ الكَهْرَبَائِيَّ بِطَّارِقَةٍ
مِصْبَاحِ جَيْبٍ، وَاخْتَبِرْهُ بِالتَّقَاطُ أَجْسَامِ
حَدِيدِيَّةٍ أَوْ فُولَادِيَّةٍ صَغِيرَةٍ بِهِ.

عند وَضْعِ الْمِفْ بِالْبَطَارِيَّةِ يَصْبُحُ
الْمِسْمَارُ مُغْنَطًا وَيَسْتَطِيعُ التَّبْقَاطُ مَشَابِكِ
الورقِ وَدَبَابِيْسِ الرِّسْمِ الْفُولَانِيَّةِ.

جراحة العين

يَسْتَعْدِمُ طَيْبُ الْعُيُونِ مَغْنَطِيسًا
كَهْرِبِيًّا لِإِزَالَةِ شَطَطِيَّةِ فُلَاذِيَّةٍ مِنْ عَيْنِ
مُصَابَةٍ. فَبَعْدَ تَرْكِيزِ الْمَغْنَطِيسِ
الْكَهْرِبِيِّ فِي الْمَوْقِعِ الْمَصْحِيحِ، يَمْرُورُ
تَبَارًا كَهْرِبِيًّا غَيْرَهُ، فَتَجْدُبُ
الْمَغْنَطِيسِيَّةُ الشَّطَطِيَّةُ مِنَ الْعَيْنِ.

تُرْسِلُ ذَبَابًا الْبُوقِ
الْمَخْرُوطِي إِشَارَاتِ
صَوْتِيَّةً عِزَّ الْهَوَاءِ.

بأستخدام المغنطيس الكهربى يستطيع
الطبيب إزالة شظية بسرعة ودقة أكثر
من إزالتها يدوياً.

مِغْيَارُ الْوَقُودِ فِي السَّيَّارَةِ

يُبين الكهرمغناطيسية لِسَائِقِ السَّيَّارَةِ مقدارَ الوُقُودِ المُتَبَقِّي لديه. في
مِغْيَارِ الوُقُودِ يُرَكِّزُ مِغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ دَاخِلَ مِغْنَطِيسٍ دَائِمٍ، وعندما
يَسْرِي تَيَّارٌ عَبْرَ المِغْنَطِيسِ الكَهْرَبِيِّ ينعطفُ هذا، نحو المِغْنَطِيسِ
الدائم، بِمقدَارٍ يَعتَمِدُ على شِدَّةِ التَّيَّارِ. في دَاخِلِ خَزَانِ الوُقُودِ،
تَحْرُكُ عَامَّةٌ مُقاوِمًا مُتَغَيِّرًا يَحْكُمُ سَرِيانَ التَّيَّارِ
في مِقياسِ الوُقُودِ. فعندما يَكُونُ مُستَوًى
الْوُقُودِ عَالِيًا، يَسْرِي تَيَّارٌ عَالٍ مُسَبِّبًا انْجِرَافًا
كَبِيرًا في مُؤَشِّرِ المِيعَارِ.

أَنْ الْوَقُودَ

قُطِبَ

شُمَالِي

تَضَيُّطُ الْعَامَّةِ
وَضَعِيَّةُ الْمُقَاوِمِ
الْمُتَغَيِّرِ

بطارية

يُمَغْنِطُ التِّيَّارُ الْمَلْفَ
مُسَبِّبًا تَحْرُكَ الْمُؤَشِّرِ.

مَكِنَةُ الْبَيْعِ

كما تولّد الكهرباء مغنطيسيّة، كذلك يُمكن للمغنطيسيّة أن تولّد كهرباء. ونُستخدم هذه الظاهرة لتعرّف القطع النقيّة في مكّات البيع. في هذه المكنة تمرّ القطعة النقيّة عبر مجال مغنطيسيّ يستحثّ تياراً كهربائياً دوائياً فيها. وهذا التيار يُولّد بدوره مجالاً مغنطيسياً يُبطّئ حركة القطعة النقيّة. القطع النقيّة الأصليّة تُبطّأ بالقدر الصحيح لتسقط في قسم تاليّ من المكنة، أما القطع الزائفة فتسقط في منزلق الرّفص.

تُبْطَأُ بَعْضُ الْقِطْعِ
النَّقْدِيَّةِ الزَّائِفَةِ الْمَعْدُنِ
أَكْثَرَ مِنَ الْأَصِيلَةِ،
فَتَسْقُطُ فِي مَسْرَبِ
الرَّفْضِ.

تُبْنَى الْقَطْعُ النَقْدِيُّ الصَّحِيحَةُ
الْمَعْدِنُ بِالْقَدْرِ الَّذِي يُمَكِّنُهَا مِنْ
تَخْطِي مَسْقِطِ الرُّفْضِ إِلَى قِسْمِ
التَّدْقِيقِ التَّالِي فِي الْمَكَّةِ.

مِلْفُ سِلْكِي يَسْرِي
فِيهِ تَيَّارٌ مُتَغَيِّرٌ

المِجْهَار (مُكَبِّرُ الصَّوْتِ)

يُحوَّلُ المِجْهَارُ الإِشَارَاتِ الكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى
أَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ. تَمُرُّ الإِشَارَاتُ عَبْرَ مِلْفٍ،
حَوْلَ رَقَبَةٍ بَوِّ مَخْرُوطِي وَرَقِي، يَعْمَلُ
كَمِغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ، عَلَى مَقَرَبَةٍ مِنْ مَغْنَطِيسٍ
دَائِمٍ قَوِيٍّ. عِنْدَمَا يَسْرِي التَّيَّارُ فِي اتِّجَاهٍ
مُعَيَّنٍ، تَدْفَعُ الْقُوَى المِغْنَطِيسِيَّةُ البَوِّ
المَخْرُوطِيَّ وَالمَغْنَطِيسَ الكَهْرَبِيَّ إِلَى
الخَارِجِ. وَعِنْدَمَا يَسْرِي التَّيَّارُ فِي الِاتِّجَاهِ
المُضَادِّ، يَنْجَذِبُ البَوِّ المَخْرُوطِيَّ إِلَى
الدَّخْلِ؛ وَذَبْذِبَاتُ البَوِّ المَخْرُوطِيَّ هَذِهِ
تَوَلَّدُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً.

كاشِفُ الْفَلِزَّاتِ

في بعض المطارات، قد يتوجّب عليك المرور
عبرَ مَجَارٍ قنطريّ كاشِفٍ للغِلْزَات في طريقك إلى
الطائرة. توجَدُ داخلَ المَجَارِ مِلَقَاتٌ سلكيّةٌ كبيرة
تحملُ تيارًا كهربائيًا. فإذا عبَرَ شخصٌ يحملُ
مُسَدَّسًا مثلاً، يُغيّرُ فِلْزُ المُسَدَّسِ كهرومغناطيسيّةَ
الملقّات؛ فيكتشفُ المَجَارُ هذا
التغيّرَ ويُطلِقُ الإنذارَ.

لمزيد من المعلومات انظر

الكهرباء التيارية ص ١٤٨

المِغْنَطِيسِيَّة ص ١٥٤

الصُّوت ص ١٧٨

حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

المُحَرِّكَاتُ الكَهْرَبَائِيَّةُ

تُشيرُ الإبهامُ إلى
اتِّجاهِ حَرَكةِ السُّلْكِ.

تُشيرُ السَّبَّابَةُ إلى اتِّجاهِ
المَجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ

تُشيرُ الوُسْطَى
إلى اتِّجاهِ التَّيَّارِ
الكَهْرَبَائِيِّ.

قَاعِدَةُ اليَدِ اليُسْرَى

يُمْكِنُكَ تَحْدِيدُ اتِّجاهِ الحَرَكةِ لِسُلْكٍ
يَحْمِلُ تَيَّارًا كَهْرَبَائِيًّا فِي مَجَالٍ
مِغْنَطِيسِيٍّ بِتَطْبِيقِ قَاعِدَةِ اليَدِ اليُسْرَى
لِفِلْمُنْج. إَجْعَلِ الإِبْهَامَ والسَّبَّابَةَ
وَالْوُسْطَى مِنْ أَصَابِعِ يَدِكَ اليُسْرَى فِي
وَضْعٍ مُتَعَامِدٍ إِحْدَاهَا مَعَ الْآخَرَتَيْنِ،
كَمَا هُوَ مُبَيَّنٌ فِي الشَّكْلِ.

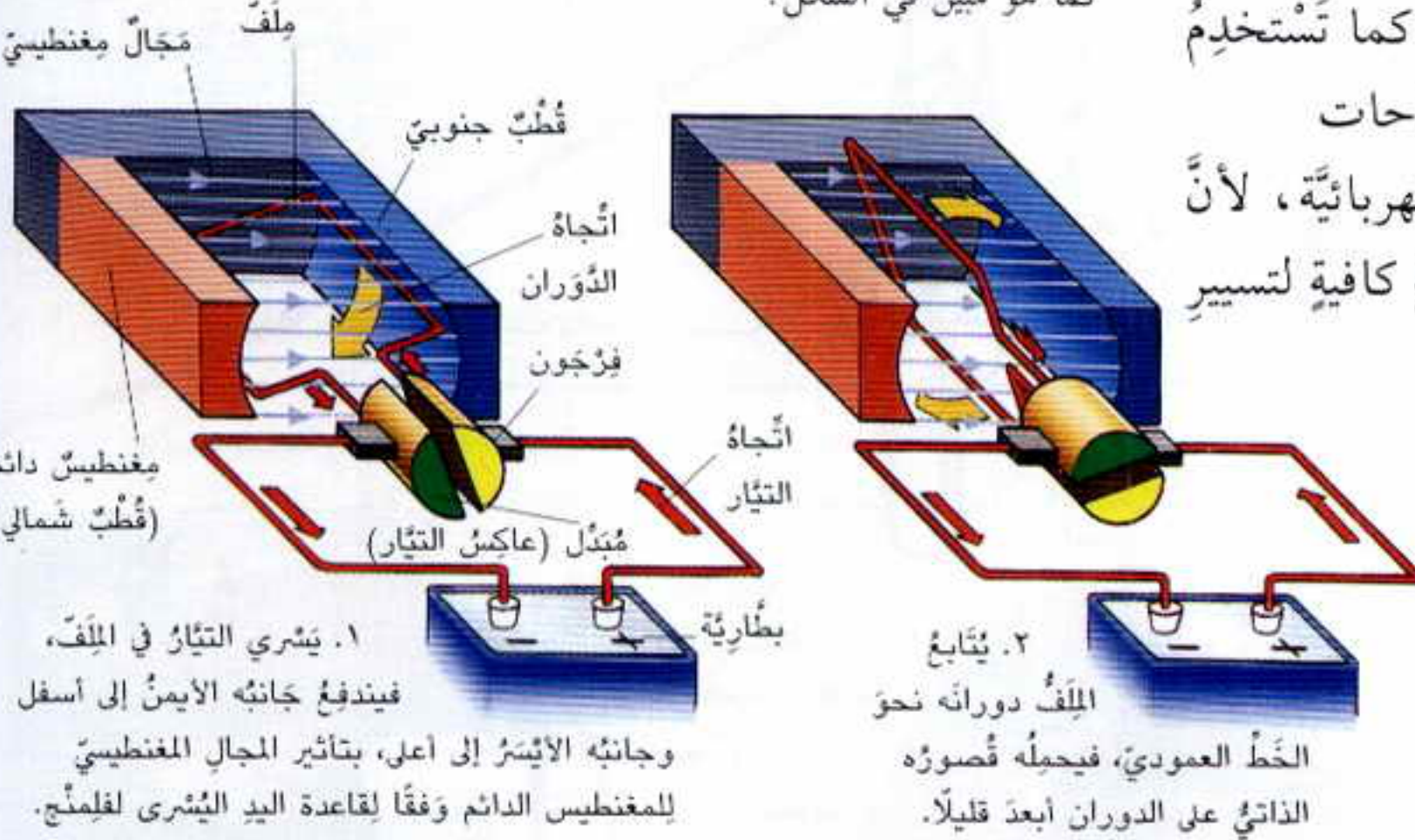
الكثيرُ من المَكِنَاتِ التي نَسْتَخْدِمُهَا يَوْمِيًّا تُشْغَلُ بِمُحَرِّكِ كَهْرَبَائِيِّ.
وهو مُحَرِّكٌ يَحْوِلُ الطَّاقَةَ الكَهْرَبَائِيَّةَ إِلَى حَرَكةٍ اعْتِمَادًا عَلَى حَقِيقَةٍ أَنَّ
السُّلْكَ حَامِلَ التَّيَّارِ يُؤَلِّدُ مَجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا؛ وهو، فِي مَجَالٍ
مِغْنَطِيسِيٍّ آخَرَ، يَتَعَرَّضُ لِقُوَّةٍ يُمَكِّنُ أَنْ تُنتِجَ حَرَكةً. المُحَرِّكَاتُ
الكَهْرَبَائِيَّةُ مَصَادِرُ قُدْرَةٍ مُرِيحَةٍ لِأَنَّهَا نَظِيفَةٌ وَهَادِئَةٌ نَوْعًا، وَمُتَعَدِّدَةٌ
الاسْتِعْمَالَاتِ. لِذَا تُسْتَخْدَمُ فِي تَشْغِيلِ الغَسَّالَاتِ وَالخَلَّاطَاتِ
والمُسْجَلَاتِ الفِيدْيُوَّةِ وَمَعَارِيفِ الأسْطُوَانَاتِ وَغَيْرِهَا. كَمَا تُسْتَخْدَمُ
السَّيَّارَاتُ مُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةً لِبَدْءِ الحَرَكةِ وَتَشْغِيلِ مَسَاحَاتِ
الزُّجَاجِ. لَكِنَّ قَلَّةً مِنَ السَّيَّارَاتِ فَقَطْ تَعْمَلُ بِمُحَرِّكَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةٍ، لِأَنَّ
البَطَارِيَّةَ مِنْ حَجمٍ عَمَلِيٍّ مَعْقُولٍ لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِزَانُ طَاقَةٍ كَافِيَةٍ لِتَسِيرِ
سَيَّارَةٍ عَصْرِيَّةٍ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةٍ.

جوزيف هنري

الفيزيائي الأمريكي جوزيف هنري (١٧٩٧-١٨٨٨)
قام باكتشافاتٍ مُهِمَّةٍ فِي مَجَالَاتِ الكَهْرَبِ مِغْنَطِيسِيَّةٍ.
فَحَسَّنَ تَصَامِيمَ المِغْنَاطِ الكَهْرَبِيِّ، وَصَنَعَ أَوَّلَ
مُحَرِّكٍ كَهْرَبَائِيِّ عَامَ ١٨٢٩، اسْتَطَاعَ



بِمِغْنَطِيسِيَّةِ الكَهْرَبَائِيِّينَ جَعَلَ
ذِرَاعَ مُمَحَوِّرٍ يَتَرَجَّحُ
صُعُودًا وَهُبُوطًا.

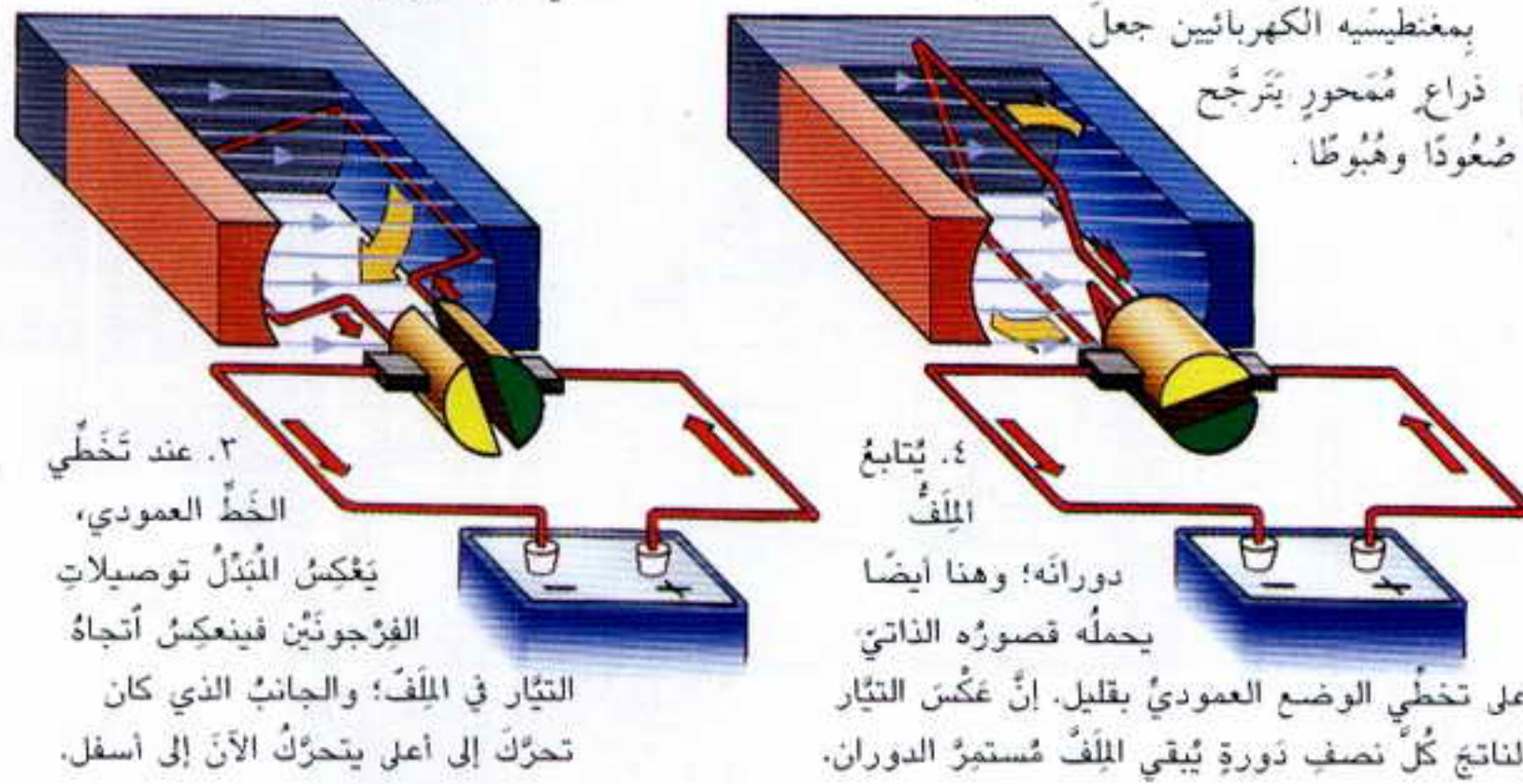


١. يَسْرِي التَّيَّارُ فِي المِلفِ،
فَيَنْدَفِعُ جَانِبُهُ الْأَيْمَنُ إِلَى أَسْفَلٍ
وَجَانِبُهُ الْأَيْسَرُ إِلَى أَعْلَى، بِتَأْثِيرِ المَجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ
لِلْمِغْنَطِيسِ الدَّائِمِ وَفَقْلًا لِقَاعِدَةِ اليَدِ اليُسْرَى لِفِلْمُنْج.

٢. يَتَابَعُ
المِلفُ دَوْرَانَهُ نَحْوَ
الخَطِّ العَمُودِيِّ، فَيَحْمِلُهُ قُصُورُهُ
الذَّاتِي عَلَى الدَّوْرَانِ أَبْعَدَ قَلِيلًا.

مُحَرِّكٌ بَسِيطٌ

فِي المُحَرِّكِ الكَهْرَبَائِيِّ البَسِيطِ يَتِمُّ إِمدَادُ المِلفِ
بَتَيَّارٍ مُسْتَمِرٍّ مِنْ قِضْيِي كَرْبُونٍ قَصِيرَيْنِ هُمَا
الْفَرْجُونَانِ. يَقَعُ المِلفُ بَيْنَ قُطْبَيْ مِغْنَطِيسٍ
دَائِمٍ شَمَالِيٍّ وَجَنُوبِيٍّ، حَيْثُ يَعْمَلُ تَأْثِيرُ مَجَالِي
المِلفِ وَالمِغْنَطِيسِ الدَّائِمِ عَلَى دَفْعِ المِلفِ
لِلدَّوْرَانِ. وَلِمُوَاصِلَةِ الدَّوْرَانِ، يُعْكَسُ اتِّجاهُ
التَّيَّارِ فِي المِلفِ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ بِوَاسِطَةِ
عَاكِسٍ لِلتَّيَّارِ يُدْعَى المُبَدِّلِ. وَبِذَوْرَانِ المِلفِ
المُسْتَمِرِّ، يُدَارُ المُحَرِّكُ.



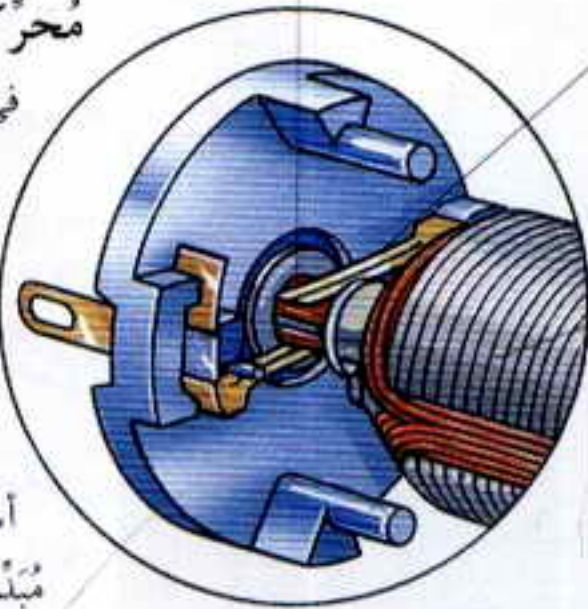
٣. عِنْدَ تَخَطُّي
الخَطِّ العَمُودِيِّ،
يُعْكَسُ المُبَدِّلُ تَوَصِيلَاتِ
الْفَرْجُونَيْنِ فَيُعْكَسُ اتِّجاهُ
التَّيَّارِ فِي المِلفِ؛ وَالجَانِبُ الَّذِي كَانَ
تَحْرُكًا إِلَى أَعْلَى يَتَحْرُكُ الْآنَ إِلَى أَسْفَلِ.

٤. يَتَابَعُ
المِلفُ
دَوْرَانَهُ؛ وَهَذَا أَيْضًا
يَحْمِلُهُ قُصُورُهُ الذَّاتِي
عَلَى تَخَطُّي الوَضْعِ العَمُودِيِّ بِقَلِيلِ. إِنَّ عَكْسَ التَّيَّارِ
النَّاتِجَ كُلِّ نِصْفِ دَوْرَةٍ يُبْقِي المِلفَ مُسْتَمِرًّا الدَّوْرَانِ.

يَتَلَقَّى المُبَدِّلُ الكَهْرَبَاءَ مِنَ الْفَرْجُونَيْنِ فَيَجْعَلُ
المِلفَاتِ السُّلْكِيَّةَ تَتَابَعُ دَوْرَانَهَا فِي الاتِّجَاهِ الصَّحِيحِ.

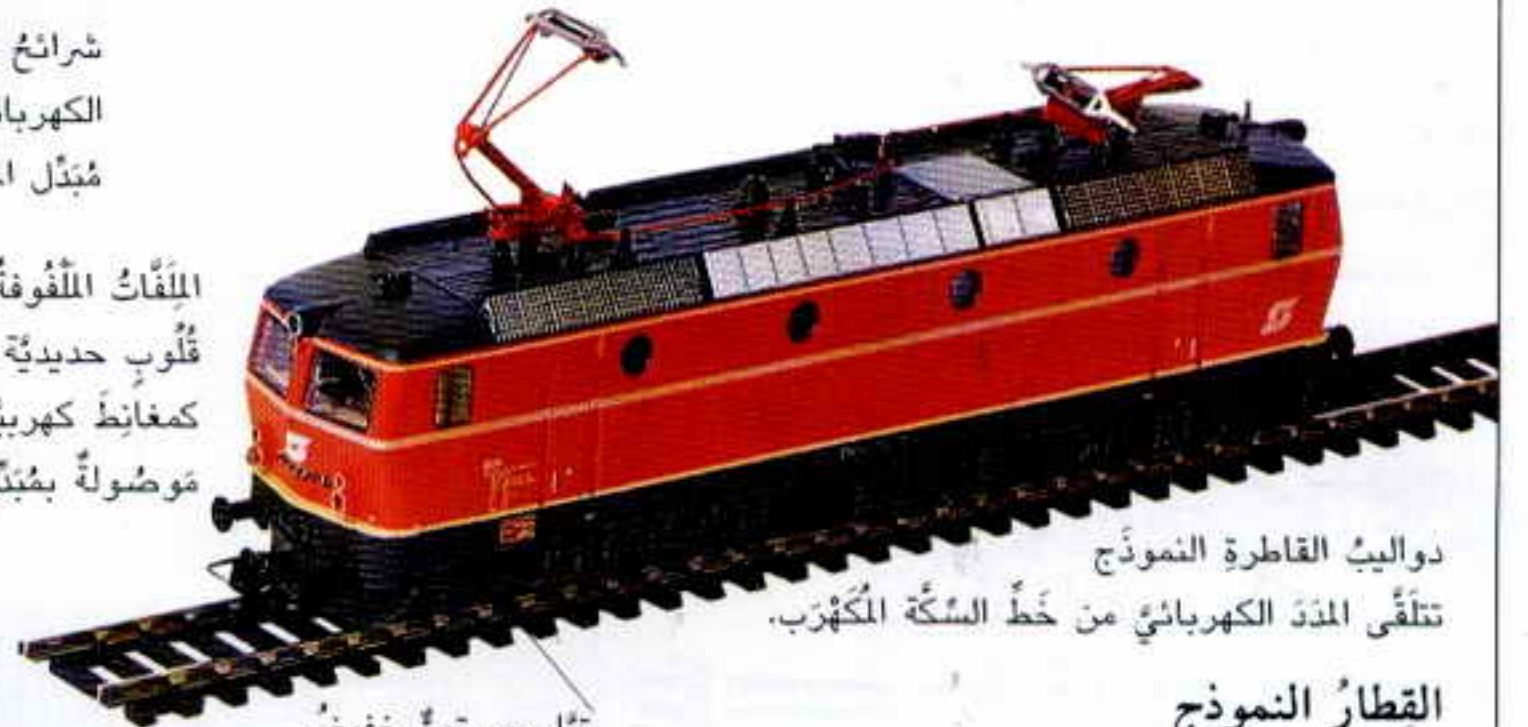
مُحَرِّكَاتُ مُتَعَدِّدَةِ الْأَقْطَابِ

فِي المُحَرِّكِ البَسِيطِ، تَكُونُ قُوَّةُ التَّدْوِيرِ لِمِلفٍ
يَحْمِلُ تَيَّارًا هِيَ الْأَشَدُّ عِنْدَمَا تَكُونُ لِفَاتُهُ
مُسَامَةً مَعَ المَجَالِ المِغْنَطِيسِيِّ،
وَالْأَضْعَفُ عِنْدَمَا تَكُونُ لِفَاتُهُ مُتَعَامِدَةً مَعَ
هَذَا المَجَالِ. لَكِنَّ مُعْظَمَ المُحَرِّكَاتِ
الكَهْرَبَائِيَّةِ تَحْوِي عِدَّةَ لِمَفَّاتٍ تُنتِجُ قُوَّةَ تَدْوِيرٍ
أَسَاسٍ. وَيُعَدَّى التَّيَّارُ إِلَى المِلفَاتِ بِوَاسِطَةِ
مُبَدِّلٍ مُتَعَدِّدِ الْقِطْعِ.



شَرَائِعُ فِلْزِيَّةٍ تُوصَلُ المَدَدَ
الكَهْرَبَائِيَّ مِنْ خَطِّ السُّكَّةِ إِلَى
مُبَدِّلِ المُحَرِّكِ.

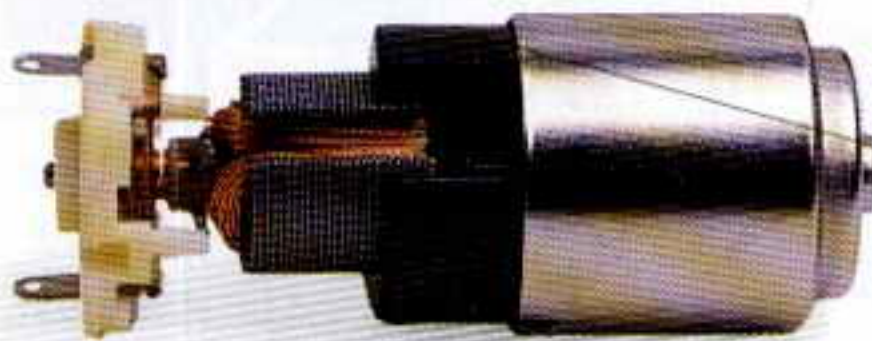
المِلفَاتُ المَلْفُوفَةُ حَوْلَ
قُلُوبٍ حَدِيدِيَّةٍ تَعْمَلُ
كَمِغْنَاظٍ كَهْرَبِيَّةٍ، وَهِيَ
مَوْصُولَةٌ بِمُبَدِّلِ المُحَرِّكِ.



دَوَالِبُ القَاطِرَةِ النَّمُودَجِ
تَتَلَقَّى المَدَدَ الكَهْرَبَائِيَّ مِنْ خَطِّ السُّكَّةِ المُكْهَرَّبِ.

الْقَاطِرُ النَّمُودَجِ

يُسِيرُ مُحَرِّكُ كَهْرَبَائِيٍّ هَذِهِ القَاطِرَةَ النَّمُودَجِ. فَتَلَقَّى
دَوَالِبُهَا الكَهْرَبَاءَ مِنْ خَطِّ السُّكَّةِ المُكْهَرَّبِ بِوَاسِطَةِ
أَسْلَاقٍ تَصِلُ الدَوَالِبَ بِشَرَائِعِ فِلْزِيَّةٍ تَلَامِسُ مُبَدِّلَ
المُحَرِّكِ. هُنَالِكَ وَخَدَةُ تَحْكُمُ يُمْكِنُهَا تَغْيِيرُ القَاطِطَةِ
الَّتِي يُغْدِي بِهَا خَطِّ السُّكَّةِ. وَبِارْتِفَاعِ القَاطِطَةِ يَشْتَدُّ
المَجَالُ المِغْنَطِيسِيَّ لِمِلَفَّاتِ المُحَرِّكِ؛ وَهَذَا يَعْنِي
دَوْرَانًا أَسْرَعَ لِلْمُحَرِّكِ وَزِيَادَةً فِي سُرْعَةِ القَاطِرَةِ.



مِغْنَطِيسٌ دَائِمٌ يُؤَلِّدُ
مَجَالًا مِغْنَطِيسِيًّا
تَدَوُّمٌ فِيهِ المِلفَاتُ
السُّلْكِيَّةُ.

لِزْيَدِ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- القُوَّةُ وَالحَرَكةُ ص ١٢٠
- المُحَرِّكَاتُ ص ١٤٣
- الكَهْرَبَاءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الكَهْرَبِ مِغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٦
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

المولدات

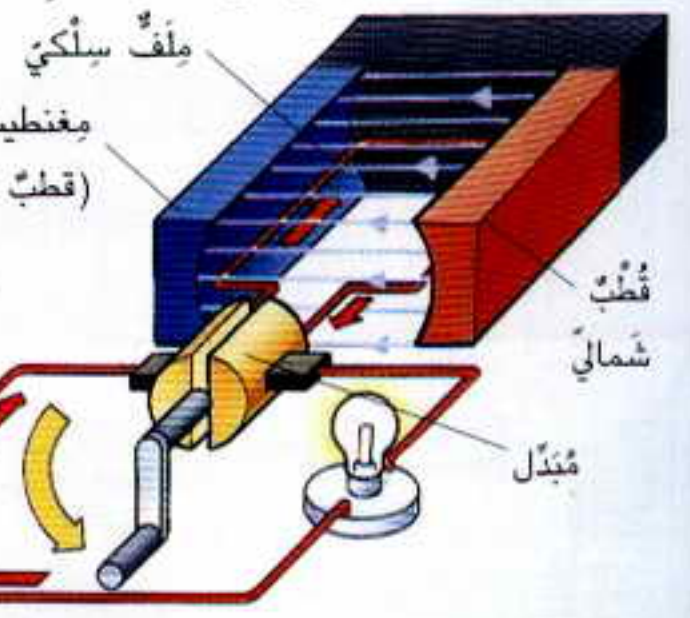
تُشيرُ الإبهامُ إلى
اتجاه الحركة.

تُشيرُ السَّبَّابةُ إلى
اتجاه المجال
المغناطيسي.

تُشيرُ الوُسْطَى إلى اتجاه
سريان التيار المُتَوَلَّد.

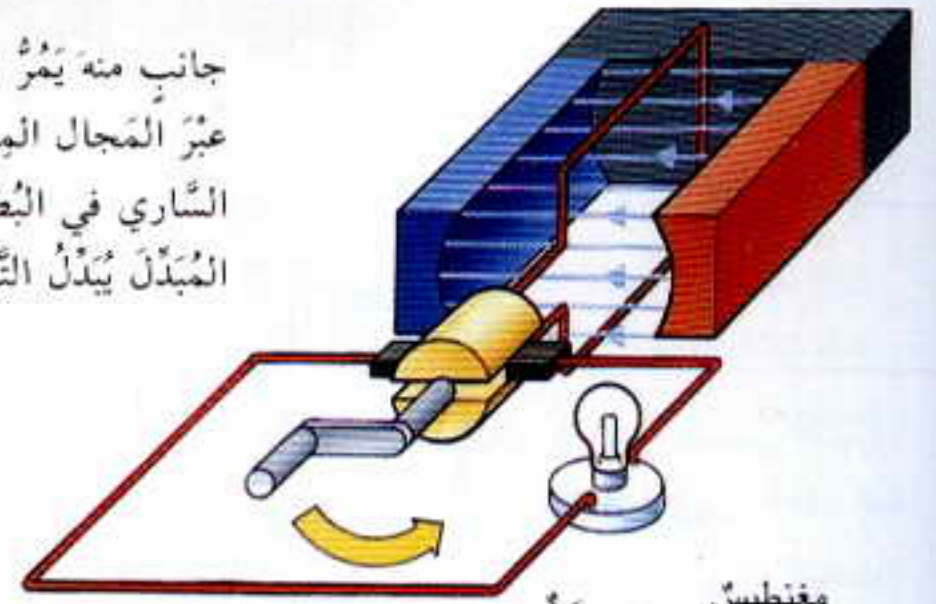
قاعدة اليد اليمنى

بُمكنك تحديد اتجاه سريان التيار المُتَوَلَّد في موصلٍ عندما يتحرك عبر مجالٍ مغناطيسي بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لفلمنج. ففي وضع التعامد الثلاثي لأصابع اليد اليمنى كما هو مبين، تُشيرُ الإبهامُ إلى اتجاه الحركة، والسَّبَّابةُ إلى اتجاه المجال، والوُسْطَى إلى اتجاه التيار المُتَوَلَّد.



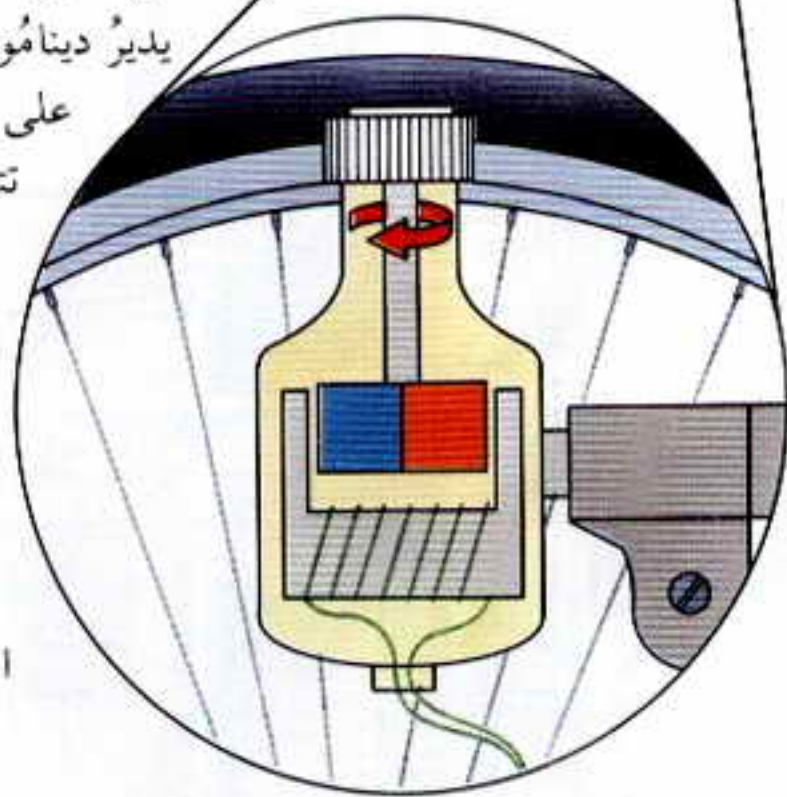
مولد التيار المستمر

في مولد التيار المستمر هذا، يدار الملف بين قطبي مغناطيس دائم؛ فيعكس اتجاه التيار المُتَوَلَّد في الملف كل نصف دورة، لأن كل جانب منه يمر بالتناوب صعودًا ثم هبوطًا عبر المجال المغناطيسي. وهكذا فإن التيار الساري في البُصيلة هو تيارٌ مستمر، لأن المُبدِّل يبدِّل التوصيلات كل نصف دورة.



دينامو الدراجة

يدير دينامو الدراجة دولاب صغير مُضَرَّس يُضَعَط على إطار عجلة الدراجة الخلفية. فعندما تتحرك الدراجة، تدور العجلة ويدور معها دولاب الدينامو المُضَرَّس مُدَوِّمًا مغناطيسيًا دائمًا قُرب ملفٍ مَلْفُوفٍ حَوْلَ قلب حديدي. وبفعل تغيُّر المجال المغناطيسي للمغناطيس الدائم، تتولد الكهرباء في أسلاك الملف - أي إن التأثير الكهرومغناطيسي استحثَّ فُلْطِيَّةً في الملف.

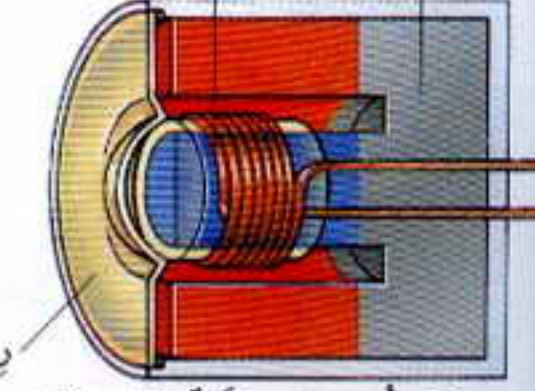


المُتَوَّب

المُولَّد الذي يُنتِج تيارًا مُتَرَدِّدًا يُدعى المُتَوَّب. ففي النموذج البسيط المُقَابِل، يُدَوِّم ملفٌ سلْكِيٌّ بين قطبي مغناطيس دائم؛ فيتولَّد تيارٌ في السِّلْك يُحْمَلُ إلى البُصيلة بواسطة فِرْجَوْنِي الكربون. ويتناوب التيار الساري في الملفت والبُصيلة (مُعَيَّرًا اتجاهه) باستمرار، فيسمى تيارًا مُتَنَاقِبًا أو مُتَرَدِّدًا.

يتولَّد التيار المُستَمِرُّ في نبضات
تُشْري باتجاه واحد فقط.

يتولَّد التيار المُتَنَاقِبُ في تَمُوجَات تُشْري
أولًا باتجاه، ثم في الاتجاه المُعَاكِس.



ميكروفون ذو ملف متحرك

يُولَّد الميكروفون إشارات كهربائية من الأمواج الصوتية. ففي الميكروفون ذي الملف المتحرك، تصدِّم الأمواج الصوتية الرق فتَهْزُجُ ملفًا مَوْضَعًا بين قطبي مغناطيس دائم. وهكذا فإن الفُلْطِيَّة المُسْتَحَثَّة في الملفت تتغيَّر شِدَّةً وتردَّدًا تبعًا لشِدَّة وتردَّد الأمواج الصوتية.

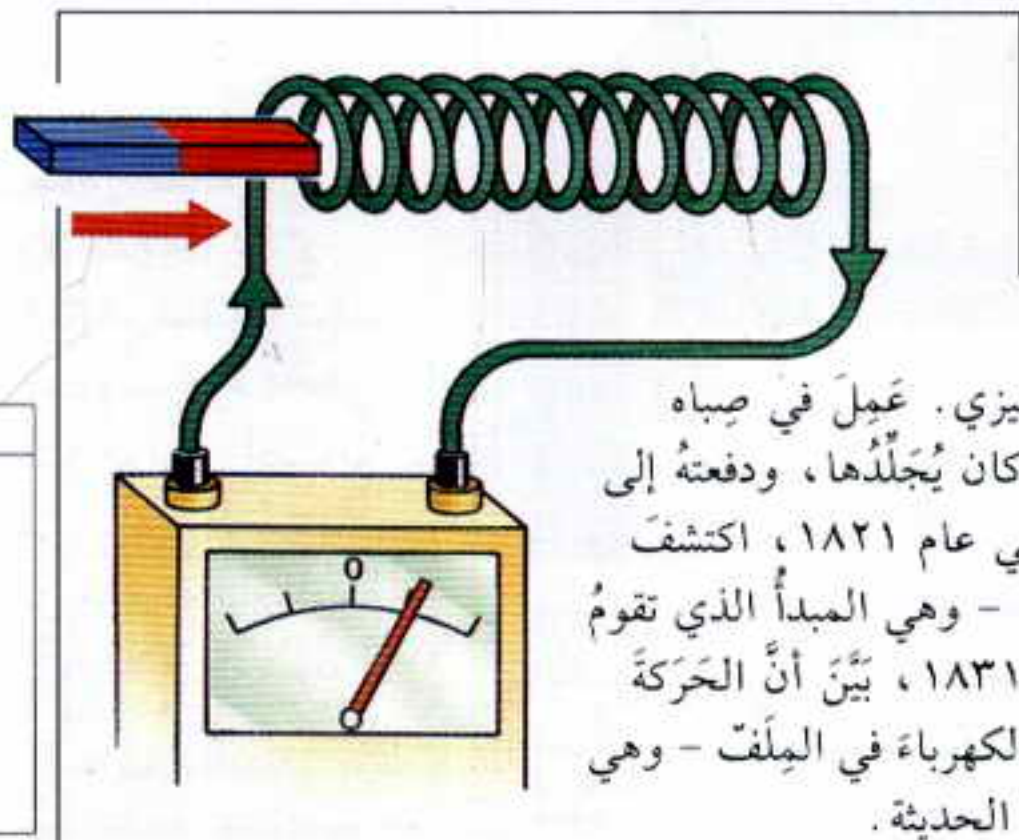
مايكل فارادي

مايكل فارادي (١٧٩١-١٨٦٧) ابنٌ حَدَادٍ إنكليزي. عَمِلَ في صباه كَمُجَلِّدٍ كُتُب؛ فَاسْتَهْوَتْهُ الكُتُبُ العِلْمِيَّةُ الَّتِي كَانَ يُجَلِّدُهَا، وَدَفَعَتْهُ إِلَى دِرَاسَةِ الفيزياء فَانْجَزَ فِيهَا أَكْثِشَافَاتٍ عِدَّةً. فِي عَام ١٨٢١، اكْتَشَفَ فارادي إمكانية إنتاج حركةٍ دَوْرَانِيَّةٍ بالكهرباء - وَهِيَ المَبْدَأُ الَّذِي تَقُومُ عَلَيْهِ المُحَرِّكَاتُ الكَهْرَبَائِيَّةُ اليَوْمَ. وَفِي عَام ١٨٣١، بَيَّنَ أَنَّ الحَرَكَةَ النَّسْبِيَّةَ بَيْنَ مَغْنَطِيسٍ وَمِلْفٍ يُمَكِّنُهَا أَنْ تَسْتَحِثَّ الكَهْرَبَاءَ فِي المِلْف - وَهِيَ الفِكْرَةُ الَّتِي أَدَّتْ إِلَى إِنتَاجِ المُولَّدَاتِ الكَهْرَبَائِيَّةِ الحَدِيثَةِ.



لزيد من المعلومات انظر

- الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ ص ١٣٦
- المُحَرِّكَاتُ ص ١٤٣
- الكَهْرَمَغْنَطِيسِيَّةُ ص ١٥٦
- إِحْدَاثُ الصَّوْتِ وَسَمَاعُهُ ص ١٨٢
- الطَّيْفُ الكَهْرَمَغْنَطِيسِي ص ١٩٢



الإمداد الكهربائي

أبراج القدرة

الطريقة الأقل تكلفة لتوزيع الكيول الكهربائية في طول البلاد وعرضها هي تعليقها من أعمدة بُرجية. وتُعرّل الكيول عن محاملها جيدًا لمنع سُروب التيار إلى الأبراج. وفي المُدن يجري توزيع الكيول غالبًا في أنابيب مغطاة.

للصناعات الثقيلة تُخفّض الفلطية من ١٣٢,٠٠٠ قُلط إلى ٢٢,٠٠٠ قُلط.



المقاييس الجدارية في البيت أو المكتب أو المصنع تزودنا بالكهرباء لأنها موصولة بشبكة الإمداد من محطات القدرة الكهربائية. في محطة القدرة تُدار التربينات بالقدرة البخارية أو المائية أو بقدرة الرياح. وهذه التربينات تُدير المولدات الكهربائية، مُحولة طاقة الحركة إلى طاقة كهربائية. معظم المولدات هي من نوع المُنوبات التي تُنتج تيارًا كهربائيًا مُتناوبًا. التيار المُتناوب أكثر ملاءمة لمختلف الاستعمالات من التيار المستمر لأنّ فُلطيته يمكن تغييرها بالمُحوّلات رَفْعًا أو خَفْضًا. وهكذا يُمكن إمداد المصانع والمكاتب والمنازل بفُلطيات مُختلفة حسب الحاجة.

في محطة فرعية تُخفّض الفلطية من ٤٠٠,٠٠٠ قُلط إلى ١٣٢,٠٠٠ قُلط للتوزيع المحلي.

تنتقل شبكة التوزيع الإمداد بجهد ٤٠٠,٠٠٠ قُلط إلى سائر أنحاء البلاد.

يرفّع مُحوّل الفلطية خرج المولد من ٢٢,٠٠٠ قُلط إلى ٤٠٠,٠٠٠ قُلط لتغذية شبكة الإمداد.

في محطة القدرة يُدار تربين المولد الكهربائي بالقدرة البخارية. ويكون خرج الفلطية المُتناوبة للمولد ٢٢,٠٠٠ قُلط.

تُخفّض الفلطية لخطوط السكك الكهربائية من ١٣٢,٠٠٠ قُلط إلى ٢٥,٠٠٠ قُلط.

للصناعات الخفيفة تُخفّض الفلطية للورش الصغيرة تُخفّض الفلطية من ٢٢,٠٠٠ قُلط إلى ١١,٠٠٠ قُلط.

تُخفّض الفلطية للمنازل والحوانيت والمكاتب من ١١,٠٠٠ قُلط إلى ١١٠ قُلط أو ٢٢٠ قُلط.

إمداد القدرة

تُرسل محطات القدرة الكهرباء عبر كيول طويلة إلى المنازل والمكاتب والحوانيت وسكك الحديد والمزارع والمصانع. ويُمكن إرسال هذه القدرة بفُلطية خفيفة وتيار عالٍ، أو بفُلطية عالية وتيار خفيض. المقاومة في الكيول تُهدّر بعض القدرة كطاقة حرارية، وهذا الهدر أخفض كثيرًا على تيار خفيض؛ لذا يجري إمداد الكهرباء من محطة القدرة على فُلطية عالية ليخفّض التيار، وبالتالي خفيض مفقودات القدرة. وتُخفّض المُحوّلات الفلطية على مراحل لِتوفّر الإمداد المطلوب لمختلف المُستهلكين.

قلب حديدي

الملف الابتدائي



المُحوّلات

يتوجب خفيض الفلطيات العالية من الكيول بالمُحوّلات إلى مستويات الاستخدام في البيوت. يتألف المُحوّل البسيط من ملفين سلكيين ملفوفين حول القلب الحديدي نفسه. الفُلطية المُتناوبة المُسلطة على الملف الابتدائي في المُحوّل تولّد مجالًا مغناطيسيًا مُتغيرًا في القلب الحديدي؛ وهذا يَستحثّ فُلطية مُتناوبة في الملف الثانوي.

نقولاً تسلا

عام ١٨٨٧، سجّل المُخترع الأمريكي نقولاً تسلا (١٨٥٦-١٩٤٣) براءة اختراع لمنظومة توليد وتوزيع للتيار المتناوب تفوّقت على منظومة رئيسه السابق توماس أديسون لِتوليد التيار المستمر. وكان الرجلان مُرشحين لنيل جائزة نوبل مشاركة بينهما عام ١٩١٢؛ لكنّ تسلا رفض أن يكون له أية علاقة بأديسون - فلم تُمنح الجائزة لأيّ منهما.



لمزيد من المعلومات انظر

- الفيزياء الوضعية ص ٣٨
- الشغل والطاقة ص ١٣٢
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- المولدات ص ١٥٩
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الكهرباء في البيت

صَمَجَةُ النُّورِ الكهربائي

تُضْمُّ مُعْظَمُ الصَّمَجَاتِ الكهربائيَّةِ سِلْكَاً رَفِيعاً من التَّنَجُسْتين يُدْعَى الْفَتِيلَةَ، مُرَكَّباً دَاخِلَ بُصِيلَةٍ زجاجيَّةٍ مُحْكَمَةِ السَّدِّ. فعندما يسري التَّيَّارُ فيها تَوَهَّجُ الْفَتِيلَةُ لِدَرَجَةِ الْاِبْيَاضِاضِ وتَسْطَعُ بالنور. والفتيلة تدوم طويلاً دون أن تحترق، لأن الصَّمَجَةَ لا تحوي الأكسجين (اللازم للاحتراق).



الذين تُتاحُ لَهُمُ الكهرباءُ بِكَبَسَةِ زُرٍّ أو بِإِدَارَةِ مِقْلَادٍ (مِفْتَاحٍ) قد يتناسون مقدارَ اعْتِمَادِ الْإِنْسَانِ الْمُعَاَصِرِ عَلَى الكهرباءِ. فالإمدادُ الكهربائي، الآتي من محطَّةٍ قُدْرَةٍ نَائِيَّةٍ، يُسِيرُ أُمُورَ بِيوتنا؛ وإذا ما طَرَأَ عُطْلٌ يوقِفُهُ، نَشْعُرُ كَمَ هي الحياةُ صَعْبَةٌ بِدُونِهِ. فالعديدُ من وسائل العيش وأجهزة المنزل يَتَعَطَّلُ - تَنْطَفِئُ الأنوارُ، فتنلَمَسُ الشُّمُوعُ؛ التِّلْفَازُ لا يَعْمَلُ، فنلجأُ إلى راديو بطاريَّةٍ لِنَتَّبِعَ الأحداث؛ والدَقَايَاُ والبرَّادَاتُ والمَكَيِّفَاتُ والغَسَّالَاتُ والجَلَايَاتُ والمُجَفِّفَاتُ والأفرانُ الكهربائيَّةُ تعجزُ عن أداءِ وظائفها؛ والكُلُّ ينتظرونَ الفَرَجَ بِعُودَةِ التَّيَّارِ الكهربائيِّ إِلَى الْبَيْتِ!

الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ المنزليَّةُ

الإمدادُ الكهربائيُّ الواردُ إلى منازلنا يَمُرُّ أَوَّلًا عِبرَ مَصَاهِرَ رَئِيسِيَّةٍ؛ ومنها يسري إلى عِدَادٍ يقيسُ كَمِّيَّةَ الكهرباءِ التي نستهلكُها، وتُوصَلُ وَحْدَةُ اسْتِهْلَاكِ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنَ الْعِدَادِ تحوي مَصَاهِرَ (أو قواطع دارات) تقي دارات المنزل.

تحتوي وَحْدَةُ الاسْتِهْلَاكِ مَصَاهِرَ أو قواطع دارات تُغْذِي الدَّارَاتِ الكهربائيَّةَ الْمُخْتَلِفَةَ فِي الْبَيْتِ. الْوَحْدَةُ الْمُصَمَّمَةُ لِاسْتِيعَابِ مَصَاهِرَ فَقَطْ تُدْعَى غَلْبَةُ الْمَصَاهِرِ.

يَقِيسُ الْعِدَادُ الكهربائيُّ كَمِّيَّةَ الطَّاقَةِ الكهربائيَّةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ.

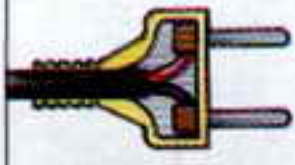
الإمدادُ الرَّئِيسِيُّ الواردُ بِقُلْطِيَّةٍ مِقْدَارُهَا ١١٠ أو ٢٢٠ قُلْطٍ يَمُرُّ أَوَّلًا عِبرَ مَصَاهِرَ قَوِيَّةٍ لِاحْتِمَالِ

أجهزة مختلفة تُغْذَى مِنَ الْمَقَاسِ الْجِدَارِيَّةِ.

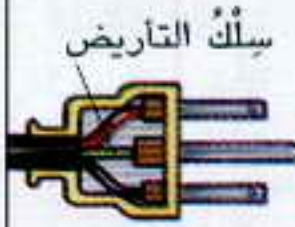
القَوَاسِ والمَقَاسِ

تُغْذَى الْأَجْهَازُ الكهربائيَّةُ مِنْ مَأْخِذِ الْإِمْدَادِ الكهربائيِّ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ بِإِيْلَاجِ قَاسٍ مِنَ الْجِهَازِ، مُتَوَافِقٍ النَّمَطِ، فِي مَقَاسٍ يَتَّصِلُ بِمَأْخِذِ الْإِمْدَادِ. وَتَسْتَخْدِمُ الْبُلْدَانُ الْمُخْتَلِفَةُ أَلْوَانًا رَمَازِيَّةً مُخْتَلِفَةً لِأَسْلَاقِ التَّمْيِيدَاتِ الكهربائيَّةِ.

فِي أبْسَطِ أَنْظَمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّئِيسِيِّ، يُسْتَخْدَمُ سِلْكَانِ فَقَطْ؛ لِذَا يُكْتَفَى بِالْقَوَاسِ ذَاتِ الْمِشْمَارَيْنِ وَمَقَاسِهَا.



فِي الْعَدِيدِ مِنْ أَنْظَمَةِ الْإِمْدَادِ الرَّئِيسِيِّ هُنَاكَ سِلْكَ ثَالِثٌ يُدْعَى سِلْكَ التَّارِيضِ. وَيُوصَلُ هَذَا بِقَضِيبٍ مَعْدِنِيٍّ مُؤَرَّضٍ، لِضَمَانِ عَدَمِ حُصُولِ صَدْمَةٍ كهربائيَّةٍ يُمْكِنُ أَنْ تُحْدِثَهَا أَجْزَاءُ مَكْشُوفَةٌ مُكَهَّرَةٌ فِي الْجِهَازِ.



بَعْضُ الْقَوَاسِ مُزَوَّدٌ بِمَصَاهِرَ. فَإِذَا زَادَ التَّيَّارُ السَّارِي فِي الْجِهَازِ عَنْ الْحَدِّ الْمَقْرَّرِ، يَنْصَهَرُ مِصْهَرُ الْقَاسِ، وَيَسْلُمُ الْمِصْهَرُ (أو قَاطِعُ الدَّارَةِ) الرَّئِيسِي فِي وَحْدَةِ الاسْتِهْلَاكِ، فَتَبْقَى الْقُدْرَةُ مُتَاحَةً فِي الْمَقَاسِ الْآخَرِ.



الْفُرْنُ الكهربائيُّ يَتَطَلَّبُ تَيَّارًا قَوِيًّا، لِذَا تُخَصَّصُ لَهُ دَارَةٌ مُسْتَقِلَّةٌ.

تُوصَلُ جَمِيعُ الْمَقَاسِ الْجِدَارِيَّةِ فِي الطَّابِقِ الْوَاحِدِ بِدَارَةٍ إِطَارِيَّةٍ تُدْعَى الْمَأْخِذُ الرَّئِيسِيُّ الْخَلْفِيُّ لَهُ.

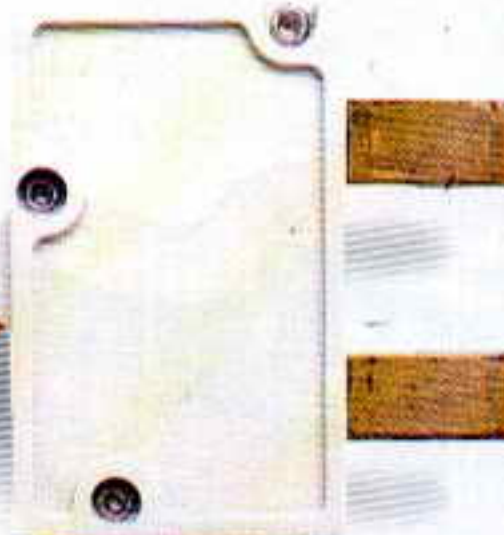
وقاية الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ

قد تَسَبَّبَ الكهرباءُ عَرَضًا بِالْحَرَاقِ لِفَرْطِ إِحْمَاءِ أَحَدِ الْأَسْلَاقِ حَتَّى دَرَجَةِ الْإِحْمَارِ. وَيَحْدُثُ هَذَا غَالِبًا بِسَبَبِ عُطْلٍ يُقَصِّرُ الدَّارَةَ فَيَتَجَاوَزُ التَّيَّارُ السَّارِي الْحَدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ. وَلِيَمْنَعَ خُدُوثَ ذَلِكَ تُوقَى الدَّارَاتُ الْمَنْزِلِيَّةُ بِالمَصَاهِرِ أو الْقَوَاطِعِ الَّتِي تَقْطَعُ التَّيَّارَ إِذَا مَا بَلَغَتْ شِدَّتُهُ حَدَّ الْخَطَرِ.



القُدْرَةُ والطَّاقَةُ

القُدْرَةُ، أَيُّ مُعَدَّلِ اسْتِخْدَامِ الطَّاقَةِ، تُقَاسُ بِالْوِاطِ. فعندما تسري الكهرباءُ فِي مُقَاوِمٍ، يُمْكِنُ احْتِسَابُ الْقُدْرَةِ بِضَرْبِ الْقُلْطِيَّةِ فِي شِدَّةِ التَّيَّارِ. فَإِذَا كَانَتْ شِدَّةُ التَّيَّارِ ٤ أمْپِيرٍ فِي دَارَةِ مَوْقِدٍ يَعْمَلُ عَلَى قُلْطِيَّةٍ ٢٢٠ فُلْطٍ، تَكُونُ الْقُدْرَةُ ٨٨٠ وِاطٍ. أَمَّا مُجْمَلُ الطَّاقَةِ الْمُسْتَهْلَكَةِ، فَهُوَ حَاصِلُ ضَرْبِ الْقُدْرَةِ فِي زَمَنِ تَشْغِيلِ الْمَوْقِدِ. ففِي مَدَّةِ سَاعَتَيْنِ مِثْلًا، يَسْتَهْلِكُ الْمَوْقِدُ $880 \times 2 = 1760$ وِاطٍ سَاعَةً، أَيْ ١,٧٦ كيلوواط ساعة.



قَاطِعُ الدَّارَةِ مِقْلَادٌ كَهْرِمَغْنَطِيسِيٌّ يَقْطَعُ التَّيَّارَ عِنْدَمَا تَتَجَاوَرُ شِدَّتُهُ الْحَدَّ الْمَسْمُوحَ بِهِ.

يَنْصَهَرُ هَذَا السِّلْكَ فَتَقْطَعُ الدَّارَةُ الكهربائيَّةُ.



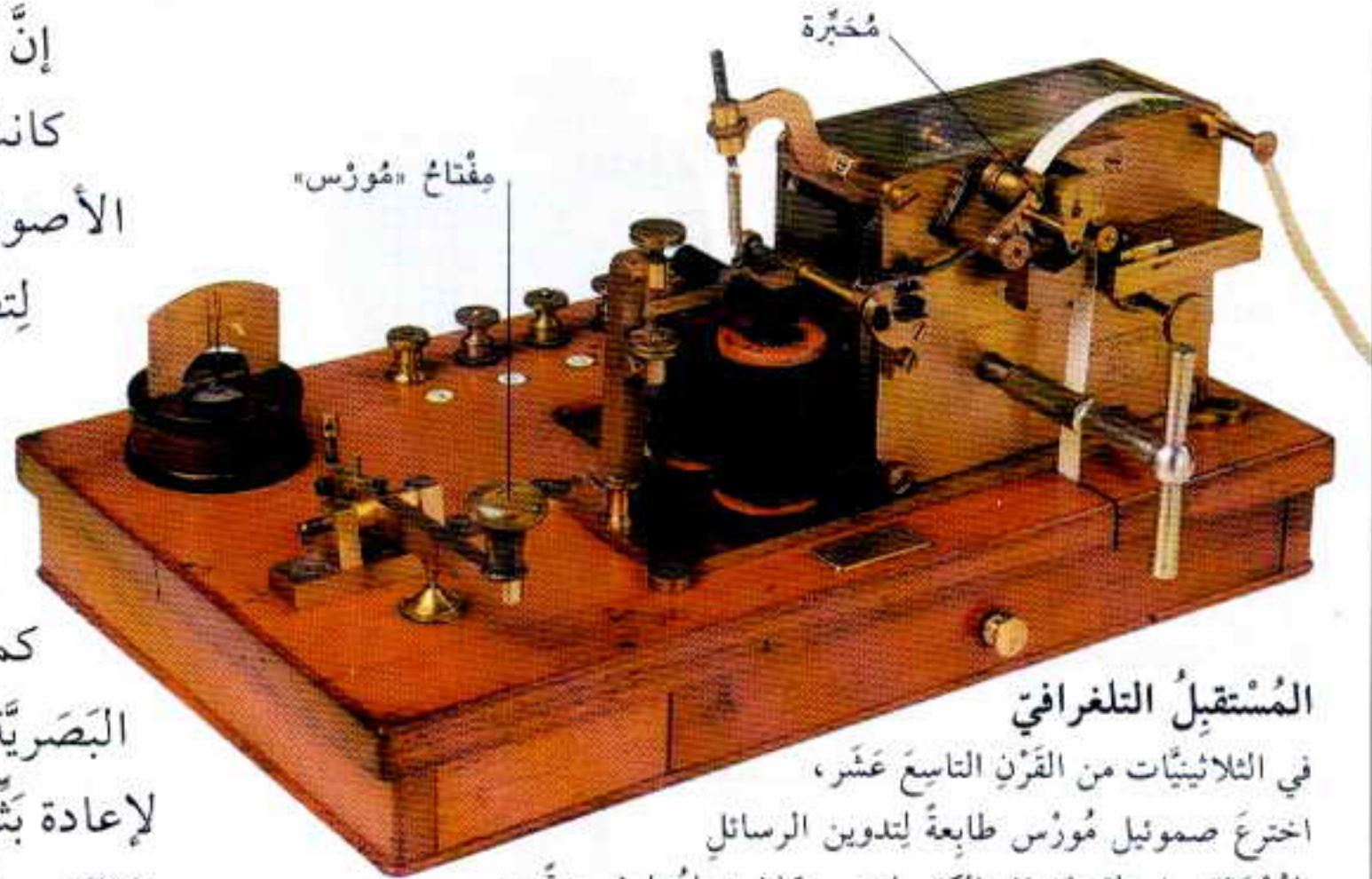
الْمِصْهَرُ سِلْكَ، دَاخِلُ غِلَافٍ عَازِلٍ، يُوَلِّفُ الْخَلْقَةَ الْأَضْعَفَ فِي الدَّارَةِ الكهربائيَّةِ. وَهُوَ يَنْصَهَرُ أَوْ يَحْتَرِقُ بِأَمَانٍ عِنْدَ الارتفاعِ الْمَقْرَّرِ لِلتَّيَّارِ. وَالْمَصَاهِرُ مُتَوَافِرَةٌ بِقِيَاسَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ لِاحْتِمَالِ تِيَارَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ الشَّدَّةِ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الشَّغْلُ والطَّاقَةُ ص ١٣٢
- الكهرباءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الْخَلَايَا وَالْبَطَّارِيَّاتُ ص ١٥٠
- الدَّارَاتُ الكهربائيَّةُ ص ١٥٢
- مَصَادِرُ الضَّوئية ص ١٩٣
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

الاتصالات البُعادية^٣

إنَّ أعجوبة التَّكَلُّمِ معَ شَخْصٍ يَبْعُدُ عَنْكَ أَلُوفَ الكِيلُومِترَاتِ ما كَانَتْ تَحَقِّقُ بِدُونِ الكَهْرِبَاءِ. فَلَأَجْهَزةِ الإِلِكْتِرونِيَّةِ تَحَوَّلَ الأصْوَاطُ والصُّوَرُ إِلَى كَهْرِبَاءٍ تَقْطَعُ المَسَافَاتِ الطَّوِيلَةَ بِسُرْعَةِ البَرَقِ لِتَصِلَ إِلَى مَكَانٍ آخَرَ حَيْثُ يُعَادُ تَحْوِيلُهَا إِلَى أصْوَاطٍ وَصُورٍ بِوِاسِطَةِ مُعَدَّاتٍ أُخْرَى كَهْرِبَائِيَّةِ التَّشْغِيلِ. وَتَبْتَقِلُ يَوْمِيًا كَمِّيَّاتٌ ضَخْمَةٌ مِنَ المَعْلُومَاتِ ذَهَابًا وَإِيَابًا عِبرَ الخُطُوطِ التِّلِفُونِيَّةِ كَرِسَائِلَ نَاسُوحِيَّةٍ (بِالْفَاكْسِ) أَوْ كَمَكَالِمَاتِ هَاتِفِيَّةٍ. كَمَا يُمَكِّنُ إِرْسَالُ المَعْلُومَاتِ أَيْضًا كِضْوَءٍ فِي كُبُولٍ مِنَ الأَلْيَافِ البَصَرِيَّةِ، أَوْ كَأَمْوَاجٍ رَاديويَّةٍ إِلَى سَاتِلِ مُوَاصِلَاتٍ فِي أَعَالِي الفِضَاءِ لِإِعَادَةِ بَثِّهَا إِلَى طَبَقٍ مُسْتَقْبِلٍ. هَذَا وَيُمْكِنُ تَوَاصُلُ الحَوَاسِبِ وَالْمَكِينَاتِ الإِلِكْتِرونِيَّةِ عِبرَ خُطُوطِ التِّلِفُونِ. إِنَّ جَمِيعَ أَنْوَاعِ الاتِّصَالَاتِ هَذِهِ يَلْزَمُهَا عَنَاصِرُ ثَلَاثَةٍ: مُرْسِلٌ لِإِرْسَالِ المَعْلُومَاتِ، وَوَسِيطٌ يَحْمِلُ الإِشَارَاتِ، وَمُسْتَقْبِلٌ يُحَوِّلُ الإِشَارَاتِ ثَانِيَةً إِلَى شَكْلِ يُمْكِنُ فَهْمُهُ.



المُسْتَقْبِلُ التِّلِغْرَافِي

فِي الثَّلَاثِينَاتِ مِنَ القَرْنِ التَّاسِعِ عَشَرَ، اخْتَرَعَ صَمُودِيلُ مُورْسُ طَابِعَةً لِتَدْوِينَ الرِّسَالَةِ المُرْسَلَةِ بِوِاسِطَةِ تِلِغْرَافِهِ الكَهْرِبَائِيِّ. وَكَانَ عِمَادُهَا شَرِيحَةً مِنَ الوَرَقِ العَادِيِّ تَتَحَرَّكُ بِطَءٍ عِبرَ المَكِينَةِ لِتُسَجِّلَ عَلَيْهَا شَفْرَةَ مُورْسِ، المَوْثَلَةُ مِنَ نَقْطٍ وَشُرْطٍ، عِنْدَ كُلِّ نَبْضَةٍ مِنَ نَبْضَاتِ التِّيَّارِ المُسْتَقْبِلِ بِوِاسِطَةِ دَوَلَابٍ مُخَبِّرٍ يُحَرِّكُهُ مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ. وَكَانَ الْعَامِلُونَ يَسْتَخْدِمُونَ مِفْتَاحَ مُورْسِ لِإِرْسَالِ الإِشَارَاتِ؛ فَكَانَ ضَغْطُ المِفْتَاحِ فِي مَحْطَةِ الإِرْسَالِ أَذِينًا بِسَرِيانِ التِّيَّارِ لِتَشْغِيلِ الدَّوَلَابِ المُخَبِّرِ (أَوْ الذَّرَاجِ التَّكَاتِ) فِي مَحْطَةِ الاسْتِقْبَالِ لِتَنْقُلَ الرِّسَالَةَ آتِيًا.

تُرْسَلُ شَفْرَةُ مُورْسِ كَمَجْمُوعَةٍ مِنَ النُّقْطِ والشُّرْطِ المُفَسَّحَةِ الَّتِي تَمَثِّلُ الأَعْدَادَ والحُرُوفَ الهِجَائِيَّةَ. هُنَا تَمَّ طَبْعُ العَدَدَيْنِ ٤ وَ ٢.



نُقْطَتَانِ وَثَلَاثُ شُرْطٍ تُمَثِّلُ العَدَدَ ٢.

أَرْبَعُ نُقْطٍ وَشُرْطَةٌ تُمَثِّلُ العَدَدَ ٤.

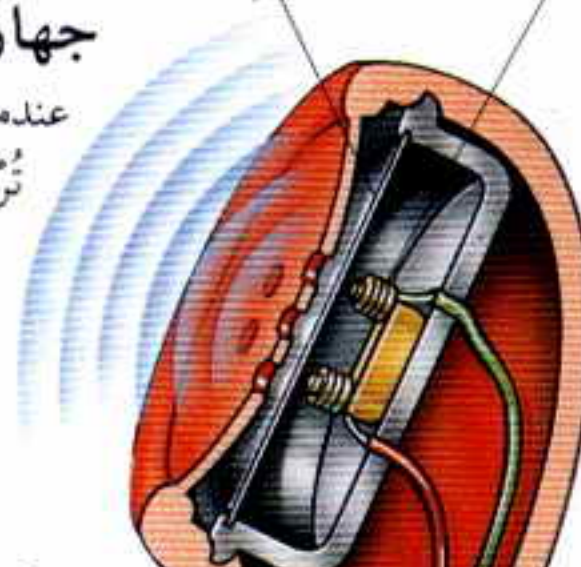


تَتَغَيَّرُ سَعَةُ (شِدَّةُ) إِشَارَةِ الصَّوْتِ التِّلِفُونِيَّةِ وَتَرْدُدُهَا (عَدَدُ الأَمْوَاجِ المُتَتَعَةِ فِي الثَّانِيَةِ) لِتَتَسَاقَوْقَ مَعَ صَوْتِ المُتَكَلِّمِ.

جهازُ التِّلِفُونِ

عِنْدَمَا تُدِيلُ قُرْصَ التِّلِفُونِ أَوْ تَضْغُطُّ أَزْوَارَهُ، تُرْسَلُ سِلْسَلَةٌ مِنَ الإِشَارَاتِ الكَهْرَبِيَّةِ إِلَى أَجْهَزةِ أَوْتِوماتِيَّةٍ تَوْصِلُكَ بِالْخَطِّ المُنَادِي. فَيُفَرِّغُ جَرَسُ التِّلِفُونِ فِي الطَّرَفِ الأُخَرَ. وَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يُحَوِّلُ مِيكْرُوفُونُ الإِرْسَالِ فِي هَاتِفِكَ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةٍ تُرْسَلُ إِلَى مُسْتَقْبِلِ الهَاتِفِ المُنَادِي عَلَى الطَّرَفِ الأُخَرَ مِنَ الخَطِّ. وَالمُسْتَقْبِلُ فِيهِ يُعِيدُ تَحْوِيلَ الإِشَارَاتِ الكَهْرَبِيَّةِ إِلَى أَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ.

مَغْنَطِيسٌ كَهْرَبِيٌّ رَقِّ



المُسْتَقْبِلُ التِّلِفُونِي

يُحَوِّلُ المُسْتَقْبِلُ التِّلِفُونِي الإِشَارَاتِ الكَهْرَبِيَّةَ الوَارِدَةَ إِلَى أصْوَاطٍ. تَمُرُّ الإِشَارَةُ عِبرَ مَغْنَطِيسٍ كَهْرَبِيٍّ فِيهِ يَجْذِبُ قُرْصًا حَدِيدِيًّا يُسَمَّى الرَقِّ. وَمَعَ تَغْيِيرِ شِدَّةِ الإِشَارَةِ، يَتَغَيَّرُ جَذْبُ المَغْنَطِيسِ لِلرَّقِّ فَيَهْتَزُّ؛ وَتَتَغَيَّرُ الاَهْتِزَّاتُ عِبرَ الهَوَاءِ كَأَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَسْمَعُهَا كَلَامًا وَاضِحًا.

الإِدَالَةُ

الإِشَارَاتُ المُدَالَةُ هِيَ نَبْضَاتٌ كَهْرَبِيَّةٌ بَسِيطَةٌ أَوْ مَزِيْجٌ مِنَ النُّعْمَاتِ. وَالأَجْهَزةُ الإِلِكْتِرونِيَّةُ فِي مَقْسِمِ التَّبَادُلِ (السِّتْرَالِ) تَعْدُ النَبْضَاتِ أَوْ تَتَعَرَّفُ النُّعْمَاتِ فَتَصِلُكَ بِالْخَطِّ الهَاتِفِيِّ المَطْلُوبِ.

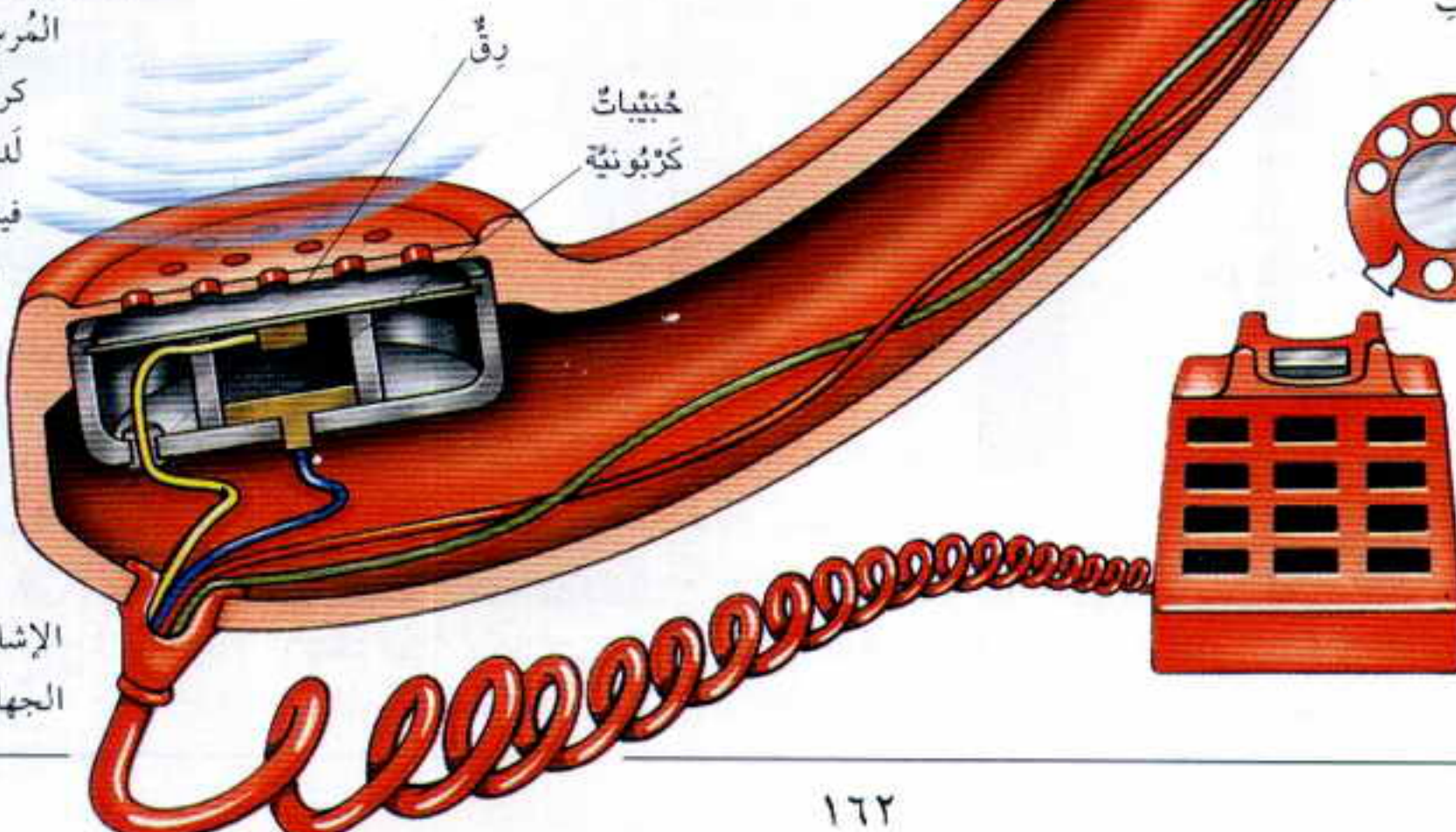
كُلَّمَا تُدِيلُ رَقْمًا تَعْمَلُ المَقَاتِيْعُ المُدَالَةُ فَوْرًا عَلَى إِرْسَالِ النَبْضَاتِ إِلَى مَقْسِمِ التَّبَادُلِ.



بَعْضُ أَجْهَزةِ التِّلِفُونِ ذَاتِ الأَزْوَارِ الإِنْضَغَاطِيَّةِ تُرْسِلُ مَزِيْجًا مِنَ النُّعْمَاتِ المُتَمَيِّزَةِ لِكُلِّ رَقْمٍ - وَيُمْكِنُكَ سَمَاعُهَا عِنْدَ ضَغْطِ كُلِّ رَقْمٍ عَلَى حِذَّةٍ.

مِيكْرُوفُونُ الهَاتِفِ

كَثِيرٌ مِنَ أَجْهَزةِ التِّلِفُونِ يَحْوِي مِيكْرُوفُونًا كَرْبُونِيًّا (يُدْعَى أَيْضًا المُرْسِلُ) يُحَوِّلُ أَمْوَاجَ الصَّوْتِ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبِيَّةٍ. وَتَوْجَدُ دَاخِلَ المُرْسِلِ كَبْسُولَةٌ تَحْوِي حُبِّيَّاتٍ كَرْبُونِيَّةٍ. فَعِنْدَمَا تَتَكَلَّمُ، يَهْتَزُّ رَقِّ لَدَائِيٍّ بِفِعْلِ الأَمْوَاجِ الصَوْتِيَّةِ، فَيَدْفَعُ تِلْكَ الحُبِّيَّاتِ بَعْضَهَا نَحْوَ بَعْضٍ فَتَتَخَفِضُ مُقَاوِمَتُهَا. وَهَكَذَا يَتَغَيَّرُ التِّيَّارُ السَّارِي عِبرَهَا بِالنَّمْطِ نَفْسِهِ الَّذِي تَحْدُثُ فِيهِ تَغْيِيرَاتُ الصَّوْتِ المُسَبِّبَةُ لِتِلْكَ الاَهْتِزَّاتِ. وَهَذَا التِّيَّارُ المُتَغَيَّرُ يَحْمِلُ الإِشَارَاتِ الصَوْتِيَّةَ إِلَى المُسْتَقْبِلِ فِي الجِهازِ التِّلِفُونِيِّ الأُخَرَ.



شبكة الاتصالات

عندما تُجري مكالمات تلفونية، تُسري نبضات الإدالة في الأسلاك إلى مركز التبادل (المقسم) المحلي، حيث تُمرَّر أجهزته الإلكترونية شفرة تلك النبضات. فإذا كانت مكالمتك محلية يتولى توصيلها مركز التبادل المحلي؛ أما إذا كانت إلى منطقة أخرى، فإنها تُحوَّل إلى مركز تبادل تلك المنطقة، حيث تتولى أجهزته توصيلك بالرقم المطلوب. أما المكالمات الدولية فتُرسل إلى مراكز التبادل الدولية. وتولف مُختلف منظومات الاتصال هذه شبكة الاتصالات.

السواتل (الأقمار الصناعية)

المكالمات المُرسلة عن طريق سواتل الاتصالات، في مداراتها حول الأرض، تُرسل بالراديو من هوائيات مُقترعة ضخمة على الأرض. فيقوم الساتل، الذي يعمل بالخلايا الشمسية، بإعادة بث تلك الإشارات إلى هوائي ثانٍ في جزء آخر من العالم.

هل لاحظت تأخيرًا طفيفًا وانت تكلم هاتفًا شخصًا في ما وراء البحار؟ قد يكون سبب ذلك أن مكالمتك تجري عن طريق سواتل فضائية. فالإشارات الراديوية تأخذ بعض الوقت لتجتاز المسافة بين الأرض والسواتل ذهابًا وإيابًا.

ألكسندر غراهام بل

ألكسندر غراهام بل (١٨٤٧-١٩٢٢) معلم ومُخترع أمريكي اسكتلندي المولد، اخترع التلفون عام ١٨٧٦. إهتم بل، كوالده، بتعليم الصم منذ صباه، ودرس أنبعاث الأصوات من الأجسام المهتزة فعلم الصم الكلام بجهاز الاهتزازات المرئية. ثم اخترع شكلًا من التلغراف الكهربائي، تمكّن به من إرسال الإشارات كنغمات موسيقية تُحدثها أرياش قصية مُهتزة. وقادته هذه الفكرة إلى استنباط طريقة لإرسال واستقبال ترددات الأصوات البشرية، فكان التلفون!



طبق إرسال وأستقبال هذا الطبق يستقبل الأمواج الراديوية من الساتل ويرسل المعلومات إلى مركز التبادل.

مركز تبادل دولي

مركز تبادل محلي

محطات السواتل

تحتوي محطة الساتل للاتصالات البعيدة هوائيًا مُقترعًا، كالتلبيق، موجهًا نحو الساتل. والأجهزة الإلكترونية الموصولة بالهوائي تُضخم الإشارات المُرسلة منه والمستقبلة به. ويتم توصيل مثل هذه المحطات بمراكز التبادل التلفوني المحلية.

طبق إرسال وأستقبال إلى ومن سواتل الاتصالات.

توصّل أسلاك جهازك التلفوني في البيت، كسائر الأسلاك التلفونية من منازل أخرى، بمركز التبادل المحلي.

مركز تبادل محلي

مراكز التبادل

مراكز التبادل في المناطق المختلفة تُصّل بعضها ببعض بواسطة الكبُول، أو شبكات الأمواج الصغرية، أو بمنظومات السواتل. وشبكات الاتصالات هذه تُمكن الناس في منطقة من الاتصال بالآخرين في مناطق أخرى.

الهوائيات المُرسلة والمستقبلة للأمواج الصغرية تُقام على أبراج أو أبنية عالية، وتُسامت بعناية بعضها مع بعض.

شبكات الأمواج الصغرية

تُستخدم شبكات الأمواج الصغرية أمواجًا راديوية (تدعى أمواجًا صغرية) لحمل الإشارات التلفونية وغيرها. وتسري هذه الأمواج في خط مُستقيم من هوائي مُقترع مُرسل إلى هوائي مُعاني مُستقبل.

الناسوخ (الفاكس)

تُستخدم مكائن الناسوخ الشبكة التلفونية لإرسال المادة المكتوبة أو المطبوعة. المكينة المُرسلة تُحوّل صور الوثيقة إلى شفرة من الإشارات الكهربائية وتُرسلها عبر خط التلفون. وتستخدم المكينة المُستقبلة تلك الإشارات لاستنساخ الوثيقة الأصلية.

الهواتف النقالة

يستطيع مُستقلو السيارات التكلّم بعضهم مع بعض مُستخدمين أجهزة تلفونية نقالة ذات مُرسلات ومُستقبلات راديوية مُبينة. المُرسِل الخفيف القدرة في جهاز التلفون يُوصّل المكالمات إلى مُعدّات استقبالية دائمة، مُقامة في المنطقة - تدعى خلية. ومن هناك تُوصّل المكالمات بالشبكة التلفونية. فيقوم مُرسِل محلي بإرسال الإشارات الواردة إلى مُستقبل راديوي في جهاز التلفون. وتدعى هذه المنظومة بكاملها شبكة خلية.



مُرسل محلي

لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- الحواشيب ص ١٧٣
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الانكسار ص ١٩٦
- السواتل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الطول الموجي أطول على الترددات
الخفيفة؛ ويمكن قياسه بالمدى
بين ذروتي موجتين.

الراديو

أمواج طويلة من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف متر، التردد ٣٠٠ إلى ٣ كيلوهرتز	أمواج متوسطة من ٢٠٠ إلى ١٠٠٠ متر، التردد ٣ ميغاهرتز إلى ٣٠٠ كيلوهرتز	أمواج قصيرة الطول ١٠ إلى ١٠٠ متر، التردد ٣٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج عالية التردد، الطول من ١ إلى ١٠ أمتار، التردد من ٣٠٠ إلى ٣ ميغاهرتز	أمواج فائقة التردد، الطول من ١٠ سم إلى متر، التردد من ٣٠٠٠ إلى ٣٠٠ ميغاهرتز
--	--	--	---	---

غوليلمو ماركوني

كان المهندس الإيطالي غوليلمو ماركوني (١٨٧٤-١٩٣٧) أول من استخدم الأمواج الراديوية في منظومة عملية لإرسال الإشارات. ففي العام ١٨٩٦، سجل ماركوني براءة اختراع نظام تلغرافي يُرسل الإشارات عبر الهواء كدقات من الأمواج الراديوية. ولما لم يكن هنالك أسلاك بين الأجهزة المرسلة والمستقبلة، عرفت هذه التقنية بالتلغرافية اللاسلكية.



عندما تستمع إلى الراديو، يلتقط جهازك المحطة المختارة من بين ألوف المحطات الإذاعية التي تصله. تنتقل الإشارات الراديوية كأموال غير مرئية عبر الهواء أو عبر مواد أخرى أو في الفراغ بسرعة تُعادل سرعة الضوء (٣٠٠ ألف كيلومتر في الثانية في الفراغ). تُستخدم الأمواج الراديوية بصورة رئيسية في حمل الأصوات والصُور للبث الإذاعي أو للاتصالات الخاصة. فالأخبار التي كانت تستغرق أشهرًا لتبلغ الأماكن النائية في العالم، تنتقل اليوم بأقل من ثانية بواسطة الأمواج الراديوية المترددة من سواحل الاتصالات في الفضاء. تتولد الأمواج الراديوية بواسطة دائرة تحمل تيارًا سريع الذبذبة؛ ويجري بثها الأفضل من هوائيات إرسال مُقامة على أماكن عالية أو على التلال.

تنطلق الموجة الحاملة
بسعة وتردد ثابتين.

تتغير الإشارة الصوتية
سعة وترددًا.

إشارة راديوية مُضمَّنة السعة. لقد تغيَّرت شدة الموجة الحاملة (مُضْمَنَت) كما يتبيَّن من تغيَّرات حجمها.

إشارة راديوية (إف إم). هنا تغيَّر (مُضْمَن) تردد الأمواج الراديوية.

يُحوِّل الهوائي السلبي جميع الأمواج
الراديوية المُستقبلة إلى إشارات كهربائية.

يُولِّف الملف والمكثف
التغيُّر دائرة مُوالفة
لاختيار محطة
الإذاعة
المطلوبة.

صمام ثنائي
(دايود)
بلوري

مُكثف

استشعِد سَمَاعَةُ
الأذن الإشارة
الصوتية.

دائرة الدايود البلوري والمكثف تتبيَّن الذبذبات
الصوتية وتستخلصها من الإشارة المُرسلة.

جهاز بلوري

حتى عهد قريب، كان كثير من الهواة يلتقطون البث الإذاعي بأجهزة ذات مكشاف بلوري. وكان نمط الجهاز البلوري الشائع في حينه ذا بلورة من الغالينا (كبريتيد الرصاص)، وملاصق سلكي مُستدق الطرف (يُدعى شارب الهر). فالملامس والبلورة يعملان كدايود في دائرة مكشاف الجهاز لتبيين الذبذبات الصوتية وأستخلاصها من الإشارة الراديوية المُرسلة.

التضمين

التضمين هو تحميل الأمواج الراديوية أصواتًا (أو إشارات أخرى). فالإشارة الصوتية تجعل الإشارة الراديوية المقتردة (الموجة الحاملة) تتغير بشكل ما. ففي تضمين السعة (إي إم) تتغير سعة (أي شدة) الموجة الحاملة؛ أما في تضمين التردد (إف إم)، فتردد الموجة هو الذي يتغير. والمعروف أن الإرسال بتضمين التردد (إف إم) أقل تأثرًا بالطبقات والتداخلات الأخرى.

صمام

ترانزستوران

التضخيم

معظم أجهزة الراديو القديمة كانت تحوي صمامات لتضخيم الإشارات المُستقبلة. ثم حلت الترانزستورات محل الصمامات، فأصبح بالإمكان إنتاج أجهزة راديو بالغة الصغر.



الراديو

١٨٦٣ جيمس كلارك ماكسويل يقترح تفسيرًا على أسس رياضية لظواهر الأمواج الكهرومغناطية.

١٨٨٧ هنريخ هرتز يرسل ويستقبل أمواجًا راديوية في مختبره.

١٨٩٦ غوليلمو ماركوني يُسجل براءة اختراع أول منظومة عملية للتلغرافية اللاسلكية.

١٩٠١ إرسال أول إشارة تلغرافية عبر الأطلنطي.

١٩٠٦ ريجنالد فساندن يُدعِج أول بث إذاعي، فيدهش عامل التلغراف اللاسلكي بإسماعهم الموسيقى بدلًا من شفرة موزس المعتادة.

المُرسلُ الراديويّ (اللاسلكي)

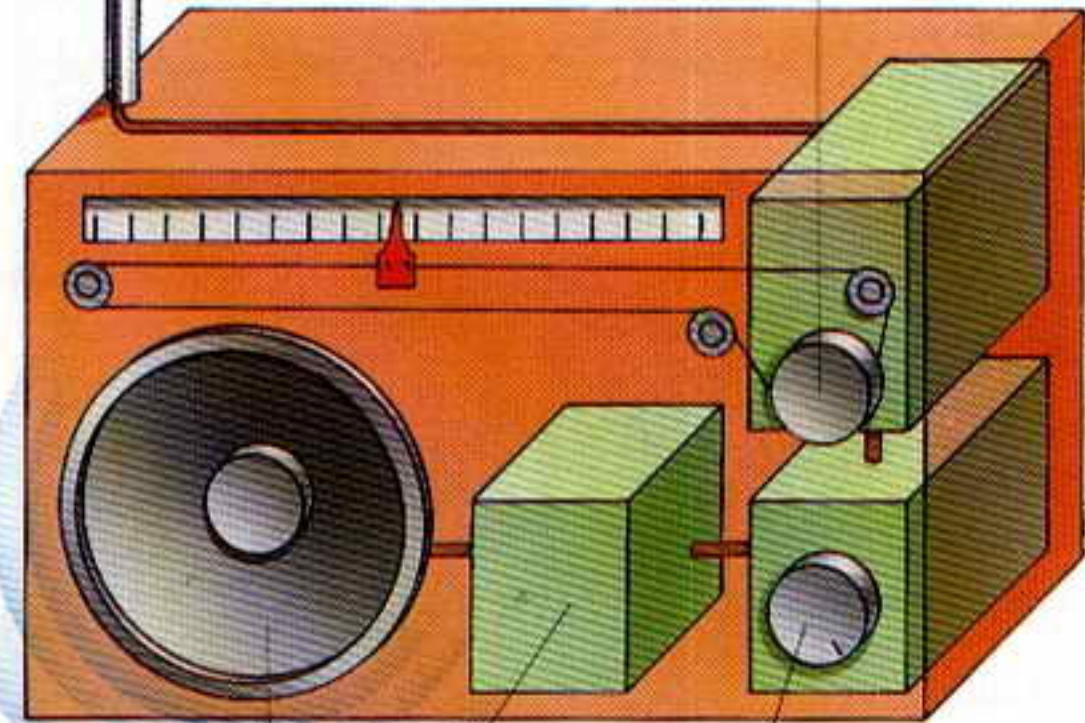
في المُرسلِ الراديويّ، تُولّد دائرة المُذبذب فُلطيّة مُتناوبة سريعة تُدعى الإشارة الحاملة، تنتقل إلى دائرة أخرى تُدعى المُضَمِّنَة. كما تُغذّى المُضَمِّنَة أيضًا بالإشارة الصوتيّة من ستوديو الإذاعة. ففي مُرسل تضمين التردد (إف إم) المُبين هنا، تُضَمَّن (تُغَيَّر) الإشارة الصوتيّة بتردد الإشارة الحاملة، كما يُقوَّى المُضَمَّن الإشارة الحاملة المُضَمَّنَة؛ ثم تُبَثُّ الإشارة المُعزَّزة هذه، كأموح راديويّة، من هوائي الإرسال.

بيثُ هوائي الإرسال
إشارة المُرسل
كأموح راديويّة.

المُسْتَقْبِلُ الراديويّ (اللاسلكي)

يُسْتَقْبِلُ هوائي جهاز الراديو الأمواج الراديويّة من عدّة مُرسلات، فيحوّل ما يلتقط منها إلى إشارات كهربائيّة دقيقة. ثم تنتقل هذه الإشارات إلى دارات مُوالفة وتُضخَّم، حيث تُنتَقَى إشارة المحطّة الإذاعيّة المطلوبة وتُضخَّم. بعد ذلك تفصل دائرة المُستخلص الإشارة الصوتيّة عن الموجة الحاملة، وتُعدّل قوّة هذه الإشارة باستخدام مضبط الجّهارة. ثم تنتقل الإشارة الصوتيّة إلى مُضخَّم الخرج، حيث تُضخَّم بما فيه الكفاية لتشغيل المُجهر الذي يُعيد تحويل الإشارة ثانية إلى أصوات كِتَلِك التي بُثَّت أصلاً من ستوديو الإذاعة.

يُستخدم مضبط المُوالفة، وهو مُكثّف مُتغيّر، لاختيار المحطّة الإذاعيّة.



مُضبطُ الجّهارة، وهو مُقاوِم مُتغيّر، يُعدّل منسوب الإشارة الصوتيّة.
يُرسل مُضخَّم الخرج تياراً قويّاً عبر المُجهر لاستعادة الصوت.

الإشارات الصوتيّة

في ستوديو الإذاعة، يُحوّل الميكروفونُ أصوات المُذيعين إلى إشارات صوتيّة؛ كما تُولّد أجهزة أخرى إشارات صوتيّة عند تدوير أشرطة التّسجيل أو الأسطوانات. ويمكن مزج هذه الإشارات معاً ثم تُرسل الإشارة المُوالفة إلى المُرسل.

التضخيم يُقوِّي الموجة الحاملة المُضَمَّنَة قبل انتقالها إلى الهوائي.

يُضَمَّن تردد الموجة الحاملة بواسطة الإشارة الصوتيّة.

تردد الإشارة الحاملة حوالي ١٠٠ مليون موجة في الثانية (١٠٠ ميغاهرتز)

مُذبذب

إشارة صوتيّة



الأيونوسفير

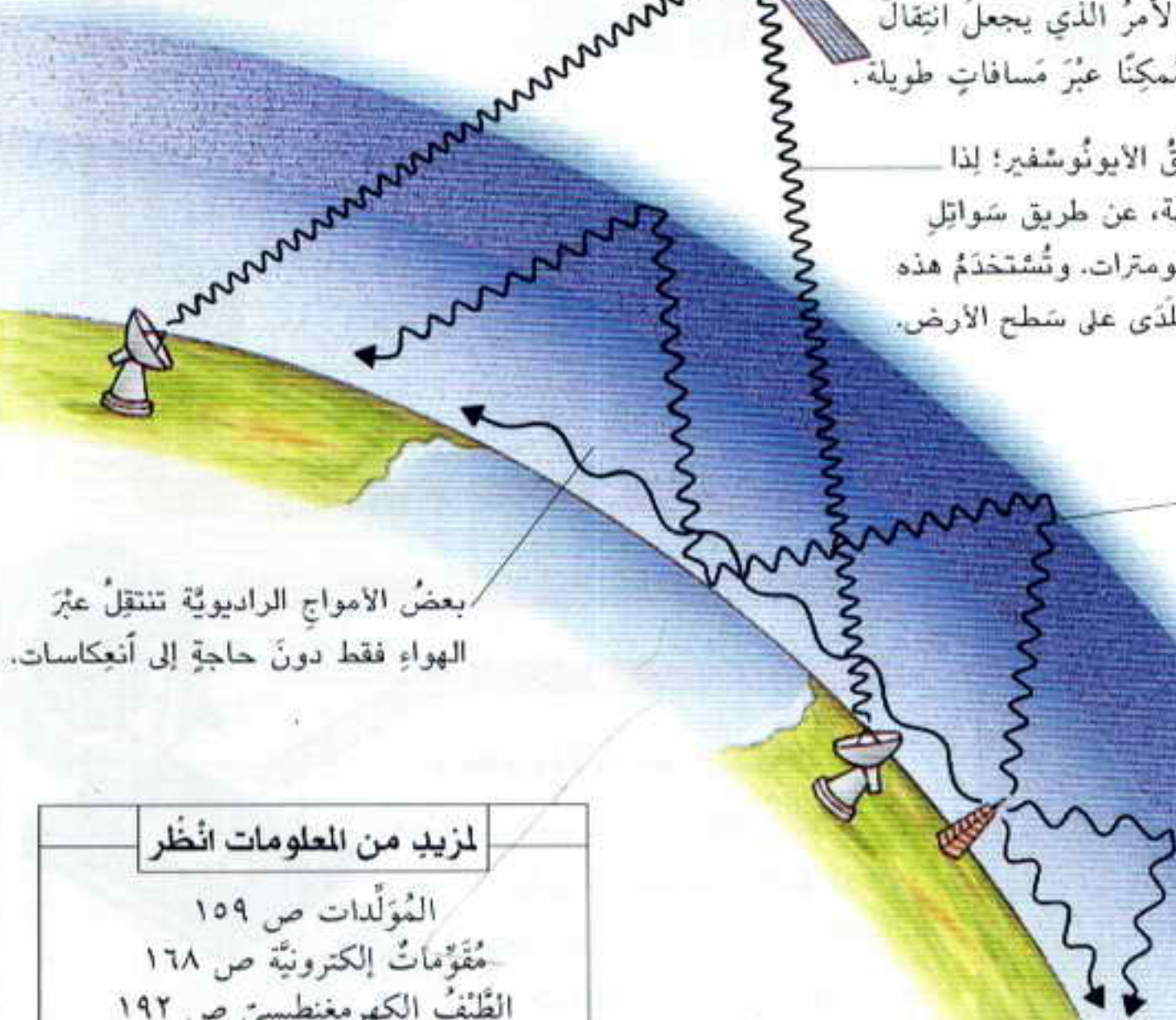
الأيونوسفير منطقة جويّة فوق الأرض على ارتفاع يمتد من ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر. وهي تحوي أيونات وإلكترونات طليقة تجعلها تعكس بعض الأمواج الراديويّة - الأمر الذي يجعل انتقال الأمواج الراديويّة الخفيفة التردد ممكناً عبر مسافات طويلة.

الإشارات العالية التردد نسبياً تُخترق الأيونوسفير؛ لذا تُستخدم في إرسال الإشارات المُوجّهة، عن طريق سواحل اتصالات تبعد عن الأرض آلاف الكيلومترات. وتُستخدم هذه الترددات أيضاً في الإرسال القصير المدى على سطح الأرض.

تُنعكس الأمواج القصيرة على أعالي الأيونوسفير.

الإشارات الخفيفة التردد نسبياً (ذات الطول الموجي الطويل) من مُرسل تستطيع الوصول إلى أمكنة نائية بالانعكاسات المتكررة بين الأيونوسفير والأرض.

يُسْتَقْبِلُ سائل الاتصالات إشارات راديويّة من مكانٍ ما على الأرض ويُعيد إرسالها إلى منطقة أخرى. والإرسال عبر الأطلنطي يتم بهذه الطريقة.

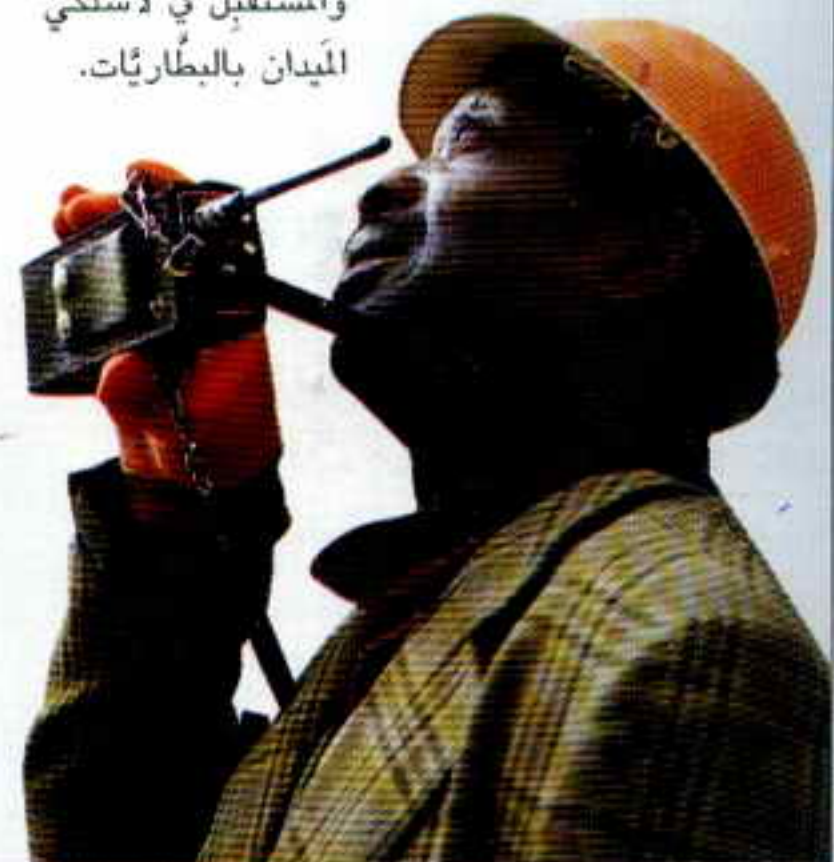


بعض الأمواج الراديويّة تنتقل عبر الهواء فقط دون حاجة إلى انعكاسات.

لاسلكي المَواقِع

يُستخدم المُرسلُ المُستقبلُ الصغير (اللاسلكي المَيدان) في مَواقِع البناء مثلاً، ليُستطاع العاملون على الأرض التحدّث بسهولة مع العمال في الطوابق العليا من المبنى؛ كما تُستخدمه الشرطة في ضبط الأمن ومكافحة الجريمة.

يُعدّل المُرسلُ والمستقبلُ في لاسلكي المَيدان بالبطاريات.



لمزيد من المعلومات انظر

- المُولّدات ص ١٥٩
- مُوقّعات إلكترونيّة ص ١٦٨
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- التلسكوبات الأرضيّة ص ٢٩٧

التلفزيون

مرسل تلفزيوني



أصبح التلفزيون عاملاً مهماً في حياتنا - نتعرف به أماكن لم نرها سابقاً وربما لن نروها مستقبلاً، ونرى عبره الأحداث حال وقوعها، وأحياناً كثيرة نشاهد بعض برامجهم لمجرد التسلية والمتعة. لقد شاع استخدام التلفزيون في المنازل منذ الخمسينيات من القرن العشرين، لكن فكرة إرسال الصور عبر مسافات بعيدة راودت العلماء والمخترعين منذ القرن التاسع عشر. ونحن نعلم اليوم بأنظمة تلفزة عالية النوعية بفضل مخترعات متعددة لعل أهمها الصمامات والترانزستورات وأنايب الأشعة الكاثودية. في الكثير من البلدان تبت الصور والأصوات التلفزيونية محلياً باستخدام الأمواج الراديوية الفائقة التردد، أو كإشارات كهربائية عبر الكبل؛ كما ترسل على نطاق دولي بواسطة السوايل. وتستخدم التلفزة المغلقة الدارة في مراقبة أمن المصارف والمؤسسات حيث تنقل الصور من الكاميرا إلى الشاشة مباشرة.



ستوديو تلفزيوني

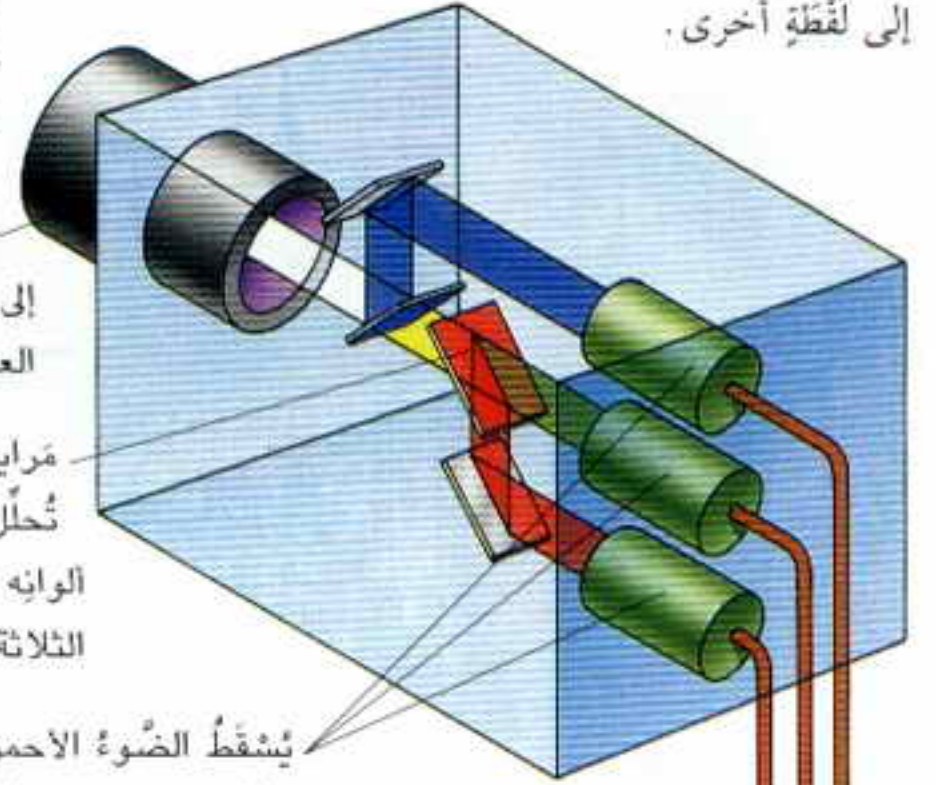
تنقل إشارات الصور، من الكاميرات، وإشارات الصوت، من الميكروفونات، إلى غرفة المراقبة المشرفة على الاستوديو، حيث تظهر جميع الصور على شاشات متعددة. ويقوم مخرج البرنامج بانتقاء الصورة المراد بثها وتوقيت الانتقال إلى لقطة أخرى.

البث التلفزيوني الحي

في البث التلفزيوني الحي تحول الكاميرا التلفزيونية أضواء المشهد إلى إشارات كهربائية ترسل لاسلكياً فتستحال صوراً في التلفاز (جهاز التلفزيون).



يدخل الضوء إلى الكاميرا عبر العدسة الأولى. مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الرئيسية الثلاثة.



يسقط الضوء الأحمر والأزرق والأخضر على صمامات منفصلة.

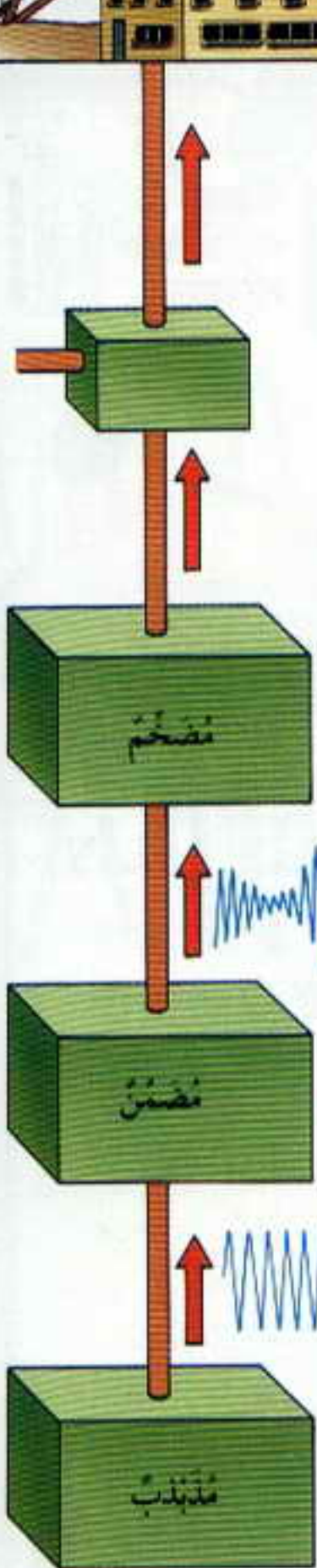
الكاميرا التلفزيونية

في نوع نمطي من كاميرات التلفزة الملونة، يمر الضوء من المشهد عبر مرآيا خاصة تحلل الضوء إلى ألوانه الأولية - الأحمر والأخضر والأزرق. فتكون للمشاهد صور بتلك الألوان على صمامات الكاميرا الثلاثة التي تسمح الصور خطاً خطاً. ثم يبتعث كل صمام إشارة كهربائية تتناسب شدتها مع تألق كل خط من الصورة.

يقوي المضخم الإشارة الحاملة المضمنة، التي توالف (بالمزج) مع إشارة حاملة أخرى مضمنة التردد مع الإشارة الصوتية.

تضمن سعة الإشارة المرئية الإشارة الحاملة.

يولد المذبذب إشارة حاملة كما في المرسل اللاسلكي.



قاعة العرض

في هذه القاعة، تختار وتراقب جميع الإشارات المبتعثة من مصادر حيّة أو مسجلة؛ وتعرض الصور على شاشات عدّة أجهزة مراقبة. ومن قاعة العرض هذه، ترسل، إلى المرسل التلفزيوني، إشارة الصوت وإشارة مرئية واحدة تحوي جميع المعلومات اللّونية مع نبضات التزامن التي تمكن جهاز الاستقبال من استعادة الصورة على الوجه الصحيح.



الأفلام والأشرطة المسجلة

يُدار الفيلم السينمائي في مكتبة سينما تلفزيونية فتكون إشارات كهربائية من الأصوات والصور المسجلة على الفيلم. أما البرامج المسجلة على أشرطة فتستعاد بواسطة جهاز فيديو. وتتقبل جميع الإشارات الصوتية والمرئية من مصادرها المختلفة إلى قاعة العرض، وهي قاعة مراقبة تجاور ستوديو المذيعين.



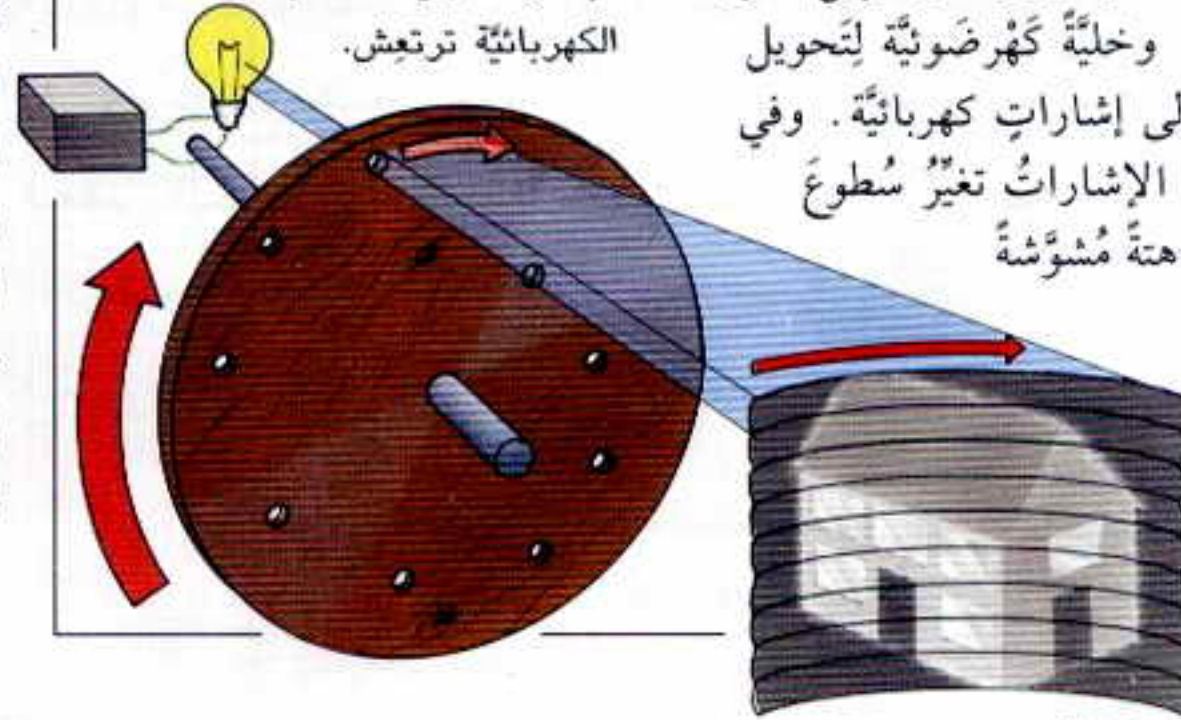


هوائى الإستقبال

المُستقبلات التلفزيونية

تتقبل إشارات المرسل التلفزيوني عبر الهواء بسرعة الضوء كأموال لاسلكية، فيحولها هوائى الاستقبال، الموصول بجهاز التلفزيون، ثانية إلى إشارات كهربائية. وبأستخدام دارات الموائفة الإلكترونية في المستقبل يمكنك أستقبال المحطة التلفزيونية التي تريدها. أما في التلفزة الملونة، فتعمل دارات أخرى على فرز المقومات اللونية الثلاثة في الإشارة المرئية؛ فيستخدمها صمام الصور (أنبوب الأشعة الكاثودية) لاستعادة الصورة بألوانها الكاملة - في حين يستعيد المجهاز الإشارة الصوتية.

قرص بيرد المذوم كان من اختراع بول نيكو (١٨٦٠-١٩٤٠). ويبنى المخطط أدناه كيف أن قرصا تساعي الثقوب ينتج صورة عندما تجعل الإشارة المرئية الصمجة الكهربائية ترتعش.



جون لوجي بيرد

عام ١٩٢٦، عرض رائد التلفزيون، الإسكتلندي جون لوجي بيرد (١٨٨٨-١٩٤٦) أول منظومة تلفزيونية مستخدما قرصا مثقبا دوارا، لتحويل ضوء المشهد إلى خطوط، وخلية كهروضوئية لتحويل تغيرات السطوع إلى إشارات كهربائية. وفي مستقبل بيرد كانت الإشارات تغير سطوع صمجة كهربائية، فيرى المشاهد صورة باهتة مشوشة عبر ثقوب قرص مذوم آخر. وسرعان ما استبدلت منظومة بيرد ليحل محلها منظومة إلكترونية بالكامل من نوعية أفضل.

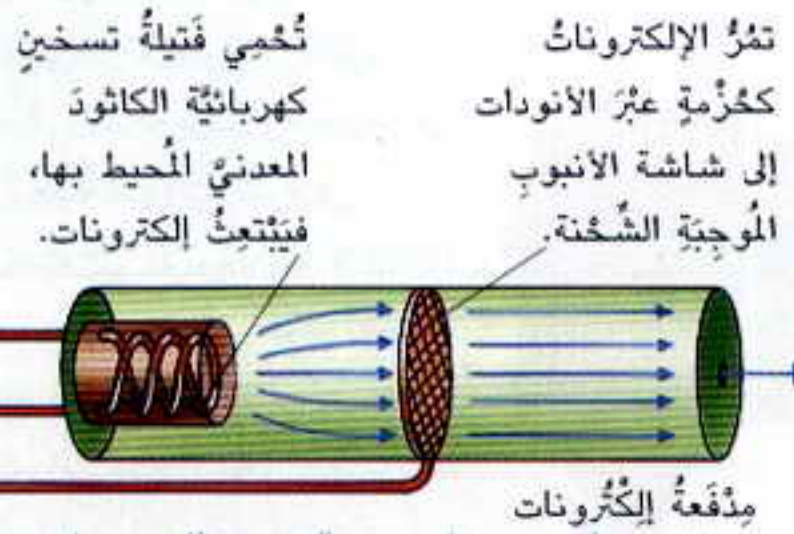


مدفعة إلكترونات

تطلق مدفعة الإلكترونات داخل أنبوب (صمام) الأشعة الكاثودية حزمًا إلكترونية على شاشة العرض - في حين تصير صمامات الألوان حزمًا منفصلة لكل لون من الألوان الأولية الثلاثة. وتتغير شدة هذه الحزم وفقًا لسطوع مقومات الألوان في المشهد الأصلي.

الصور الملونة

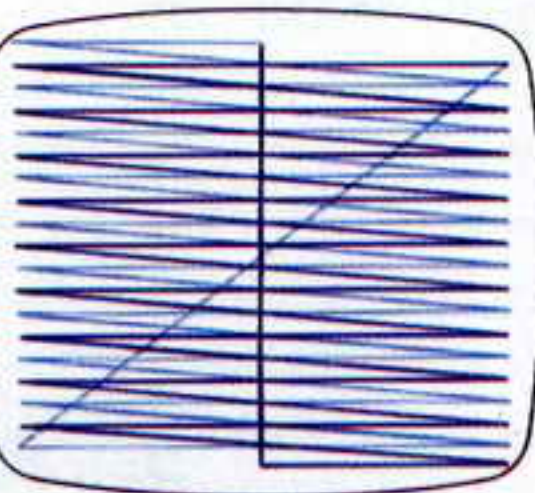
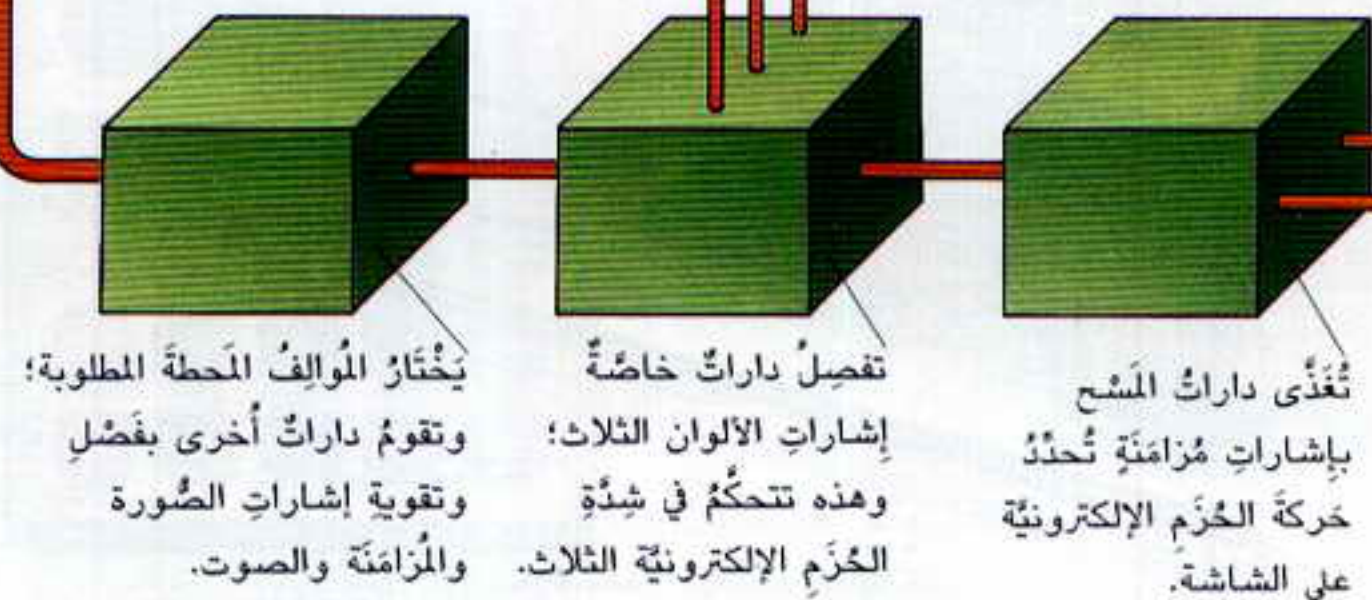
تغير شدة الحزمة الإلكترونية خلال مسجها الشاشة، مغيرة بذلك سطوع الفسفرات (بقع الكيمائيات المتفسرة) عليها. وهكذا "ترسم" الحزم الإلكترونية ثلاث صور ملونة متطابقة على الشاشة تبدو لعين الناظر صورة واحدة بكامل الألوان.



كل مدفعة إلكترونات تنتج لونًا واحدًا - أحمر أو أخضر أو أزرق.

إشارة الصورة

يلتقط هوائى الاستقبال الإشارة التي يبثها المرسل ويحولها إلى إشارة كهربائية تسري نزولاً عبر سلك خاص إلى المستقبل.

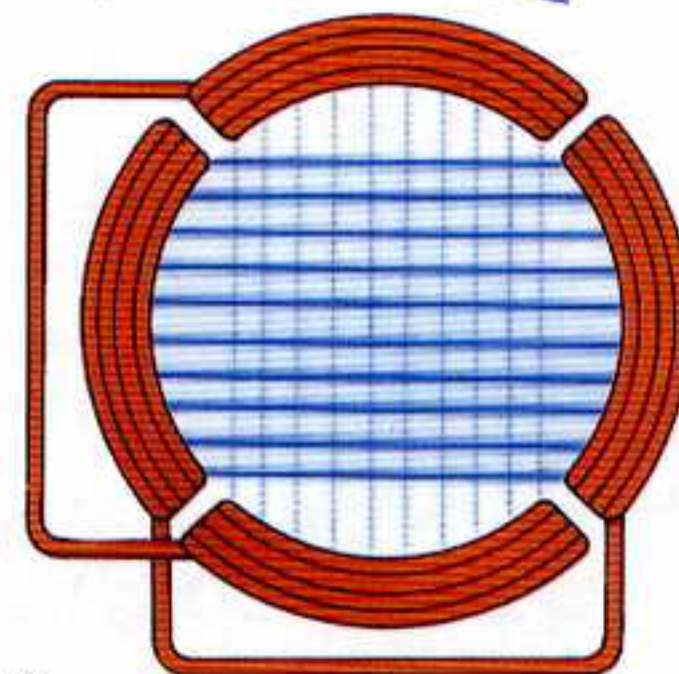


مسح متشابك

تعرض على الشاشة في كل ثانية ٢٥ أو ٣٠ صورة كاملة - علمًا أن الخطوط الوترية تعرض متناوبة مع الخطوط الشفعية جاعلة عدد الصور ٥٠ أو ٦٠ صورة في الثانية. والمعروف أن زيادة معدل الصور على هذا النحو يخفض رعاها.

المسح

في المستقبل التلفزيوني، تحرك الحزم الإلكترونية بسرعة عبر الشاشة بواسطة زوجين من المغنطيسات الكهربائية تعرف بالملفات الحارة للخطوط والمجالات. فتغير التيارات عبر هذه الملفات تتغير مجالاتها المغنطيسية حارة الحزم الإلكترونية أفقيًا وعموديًا على شاشة العرض.



تسلط إشارة المسح الأفقي على المغنطيسين الكهربيين العلوي والسفلي.

الشاشة مغطاة ببقع مجهزة من الفسفرات. حاجز مثقوب لإلتقاء اللون.

شاشة التلفزيون

تغطي شاشة التلفزيون بقا الفسفرات التي تنهج باللون الأحمر أو الأخضر أو الأزرق عندما تصدمها الحزمة الإلكترونية. بعض أنابيب الصورة، في التلفزيون الملون، تحوي حاجزًا مثقبًا خلف الشاشة، تؤمن قوته أن تصدم الحزمة الإلكترونية الواحدة نوعًا واحدًا من الفسفرات فقط. وهكذا تكون كل حزمة صورة من لون واحد.

لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذرية ص ٢٤
- الراديو ص ١٦٤
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الألوان ص ٢٠٢
- السينما ص ٢٠٨

مَقَوِّمَاتُ إِيْلِكْتَرُونِيَّة

الإلِكْتَرُونِيَّاتُ كانت الأكثرُ أثرًا في حياتنا من بين فروع التَّقانة (التكنولوجيا) الحديثة المتعددة. وكانت أجهزة الراديو والتلفزيون ومعايرُ الأسطواناتِ والمُسجَلاتِ الشريطيةِ أوَّلَ هذه النبائطِ الإلِكْتَرُونِيَّةِ توافراً وشيوعاً. ويعتمدُ عملُ هذه النبائطِ على مَقَوِّمَاتِ إِيْلِكْتَرُونِيَّةٍ لا غنى عنها للتحكُّمِ في الإشاراتِ الكهربائيةِ أو تغييرها بشكلٍ ما، نذكرُ منها المَقاوِماتِ والمُكثِّفاتِ والترانزستوراتِ (المُحوِّزاتِ) والدايوداتِ (الصماماتِ الثنائية). واليومُ تُصنَّعُ هذه المَقَوِّمَاتُ صُغْرِيَّةً مُنَمَّمةً بحيثُ يُمكنُ أَسْتِخدامُها في نبائطٍ أخرى. فبعضُ الساعاتِ، مثلاً، يحوي داراتٍ إِيْلِكْتَرُونِيَّةً مُعَقَّدةً تبيِّنُ لك الوقتَ في مختلفِ بلدانِ العالمِ، وبعضُ الكاميراتِ مُزوَّدٌ بِمَقَوِّمٍ إِيْلِكْتَرُونِيٍّ يضبطُ وضعَ العدسةِ وسُرعةَ الغلقِ (للتعريض الصحيح) تلقائياً.

الرَّادِيُو النَّقَال

تحوي الراديواتُ النُّقولةُ مَقَوِّمَاتِ إِيْلِكْتَرُونِيَّةً مُتعددةً متباينةً لِتؤديَ مهامَّ مُختلفةً. فالهوائيُّ يلتقطُ إشاراتَ مَحطاتِ الإذاعةِ والترانزستوراتُ تضخِّمُ هذه الإشاراتِ. وبأستطاعتك أُنْبِقَاءَ المحطةِ التي تُريدُ بِأَسْتِخدامِ دارةِ المُوالَفةِ المؤلفةِ من ملفٍّ ومُكثِّفٍ مُتغيِّرٍ. ويتمُّ التحكُّمُ في الجَهارةِ بواسطةِ مُقاوِمٍ مُغيِّرٍ يضبطُ مُستوىَ الإشاراتِ الصَّوتِيَّةِ التي تُغذي المِضخِّمَ النهائي والمُجْهَر.



الإِلِكْتَرُونَاتُ في الترابود (الصمام الثلاثي) مثبتة في أنبوب زجاجي مُفَرَّغ من الهواء.

يَتَبَعُ الكاثودُ الإِلِكْتَرُونَاتِ عند إحمائه بفتيلةٍ سلكيةٍ مُتَوَجِّة.

الشَّحْنَةُ السالبةُ على الشبكة تتحكَّمُ في سريان الإِلِكْتَرُونَاتِ إلى الأنود.

الأنودُ الموجِبُ الشَّحْنَةَ يجذبُ الإِلِكْتَرُونَاتِ السالبةَ الشَّحْنَةَ.

الترابود (الصمام الثلاثي)

يتألَّفُ الترابود من كاثود وأنود وشبكةٍ سلكيةٍ بينهما؛ ويُستخدَمُ في

تضخيم (تقوية) الإشارات الكهربائية. عندما تُغذَّى الشبكة بإشارةٍ صغيرةٍ تتغيَّرُ شحنتها مُحدِّثةً تغيُّراتٍ كبيرةً في سريان الإِلِكْتَرُونَاتِ إلى الأنود. إذا فالإشارةُ المُنتجةُ إلى الأنود هي نُسخةٌ مُضخَّمةٌ

عن الإشارةِ على الشبكة. وقد حُلَّتْ الترانزستوراتُ مُؤخراً محلَّ الصماماتِ في الراديواتِ، فظهرت راديواتُ

الترانزستور الصغيرة الحجم جداً.

مُكثِّفٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ المُوالَفةِ) يقلِّدُ انتقاءَ الخُرْمَةِ الموجيةِ (أمواجٍ متوسطةٍ بترددٍ عالٍ جداً)

هوائيٌّ قضيبِيٌّ من الفِريتِ «الحديدية» (للأمواجِ المتوسطة)

الترانزستوراتُ تُضخِّمُ الإشاراتِ التي يلتقطها الهوائيُّ. لَوْحَةُ الدَّارةِ المطبوعة

هوائيٌّ قضيبِيٌّ مُتداخِلٌ (للتُرَدِّداتِ العاليةِ جداً)

مُقاوِمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

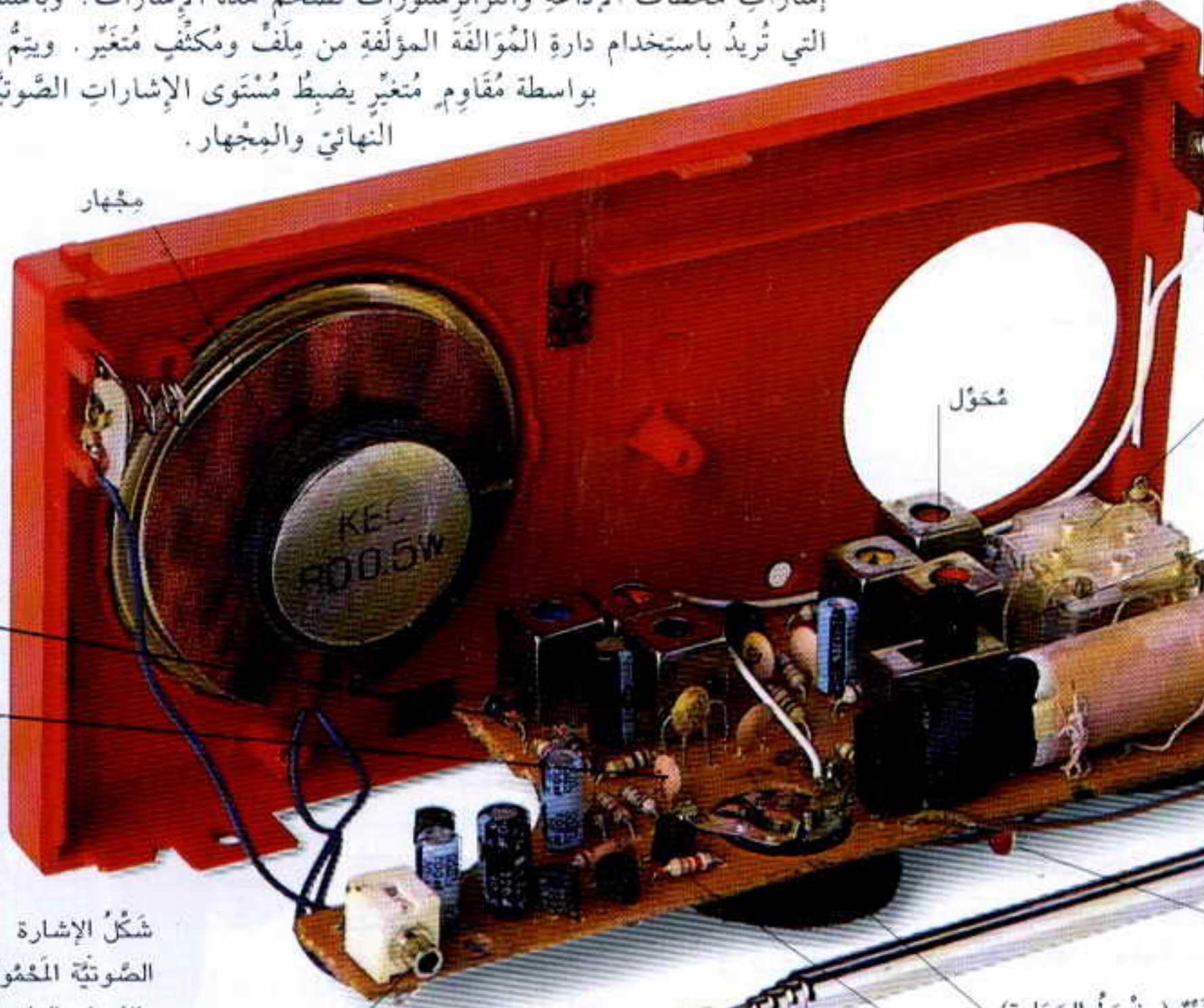
مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.



مُجْهَر

مُحوِّلٌ

مُكثِّفٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ المُوالَفةِ) يقلِّدُ انتقاءَ الخُرْمَةِ الموجيةِ (أمواجٍ متوسطةٍ بترددٍ عالٍ جداً)

هوائيٌّ قضيبِيٌّ من الفِريتِ «الحديدية» (للأمواجِ المتوسطة)

الترانزستوراتُ تُضخِّمُ الإشاراتِ التي يلتقطها الهوائيُّ. لَوْحَةُ الدَّارةِ المطبوعة

هوائيٌّ قضيبِيٌّ مُتداخِلٌ (للتُرَدِّداتِ العاليةِ جداً)

مُقاوِمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

الاسْتِقبال

الإشاراتُ المُضْمَنَةُ السَّعةِ (إي إم) التي يَبْثُرُها المُرسِلُ الرَّادِيُوِي هي أمواجٌ لاسلكيةٌ مُتغيِّرةُ السَّعةِ. هوائيُّ المُستَقْبِلِ يحوِّلُ كُلَّ هذه الأمواجِ إلى إشاراتٍ كهربائيةٍ مُضاهيةٍ تُنتجُ منها دارةُ المُوالَفةِ الإشارةَ المطلوبة.

الكَشْفُ (الاسْتِخلاص)

تنتقلُ الإشارةُ المُستَقْبَلَةُ من دارةِ المُوالَفةِ إلى الدَّايودِ، الذي يحوِّلُ الأمواجِ إلى نبضاتٍ كهربائيةٍ تُشحِّنُ المُكثِّفَ. وحيثُ إنَّ المُكثِّفَ يحفظُ مُعْظَمَ الشَّحْنَةِ بين النبضاتِ، فإنَّ الإشارةَ عِبرَهُ شبيهةٌ بإشارةِ الصَّوتِ الأصلي.

تتحكَّمُ المُقاوِماتُ في شِدَّةِ تيارِ الدَّارةِ. فالمقاوِمُ العاليُ المُقاوِمَةُ يُمرِّرُ تياراً خفيضَ الشِدَّةِ نِسْبِيًّا.



مُقاوِمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

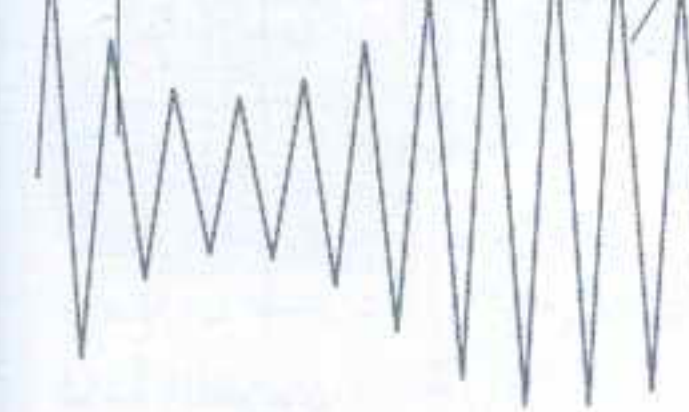
مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

مَقَوِّمٌ مُتغيِّرٌ (مُضبطُ الجَهارةِ) بِمِقْلادٍ (مفتاحٍ) وَضَلٍ وَقَطْعٍ.

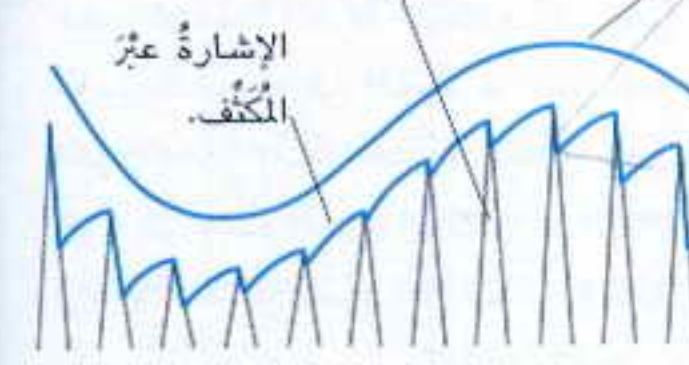
الدَّايوداتُ تُحوِّلُ الإشاراتِ المُتتَابِعَةَ إلى نَبْضاتٍ تيارٍ مُستَمِرٍّ. وبذلك يُمكنُ إعادةُ تكوينِ الإشارةِ الصوتيةِ.

يُحوِّلُ المُكثِّفُ نَبْضاتِ التيارِ المُستَمِرِّ، من المُستَحْلِصِ، إلى إشارةٍ صوتيةٍ سلسةٍ بِأَبْقائِهِ الشَّحْنَةَ بين النَبْضاتِ.

شَكْلُ الإشارةِ الصوتيةِ المُحمَّولةِ بالأمواجِ الراديويةِ المُضْمَنَةِ السَّعةِ صورةٌ كهربائيةٌ



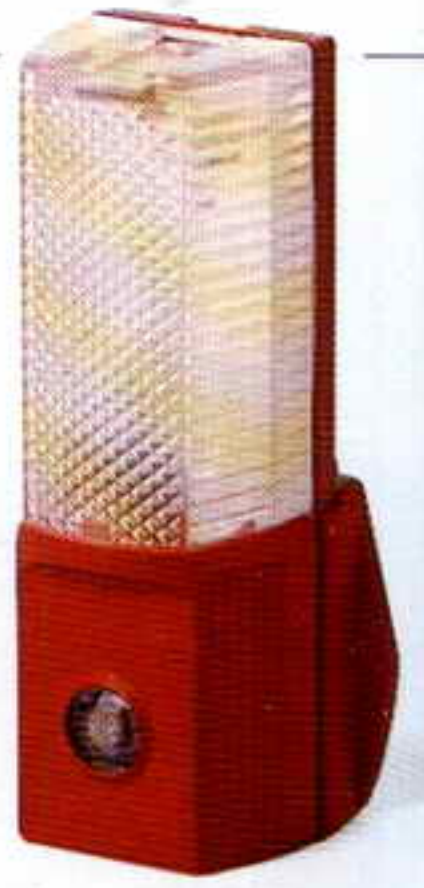
إشارةُ الصَّوتِ الأصليةِ - نَبْضاتُ الإشارةِ المنقولةِ بالدايودِ



إشارةُ عِبرَ المُكثِّفِ

مُقَوِّمَاتٌ حَدِيثَةٌ

منذ العام ١٩٥٠ وتواليه بدأ تصنيع العديد من المُقَوِّمَاتِ الإلكترونية بحجم أصغر بكثير، كما طُوِّرت مُقَوِّمَاتٌ جديدة، وكلُّها من الصَّغَرِ بحيث أصبحت المَعْدَّاتُ المصغَّرةُ جدًّا شيئًا مألوفًا. حاليًّا تتواجد هذه المُقَوِّمَاتُ، من ترانزستورات ومُقاوِمَاتٍ ودَايُودَاتٍ ومكثِّفَاتٍ، في العديد من الأدوات الإلكترونية المُتداوِلَةِ. كما حَقَّقَتِ التكنولوجيا الحديثة مُقَوِّمَاتٍ أَكْثَرَ موثوقَةً، كالدَّايُودَاتِ الضَّوَاءِ (الصَّمَامَاتِ الشَّائِيَّةِ الباعِثَةِ لِلضَّوءِ) التي أخذت تحلُّ محلَّ الصَّمَامَاتِ الدَّلِيلِيَّةِ لأنها تكادُ لا تتعطَّلُ أَبَدًا.



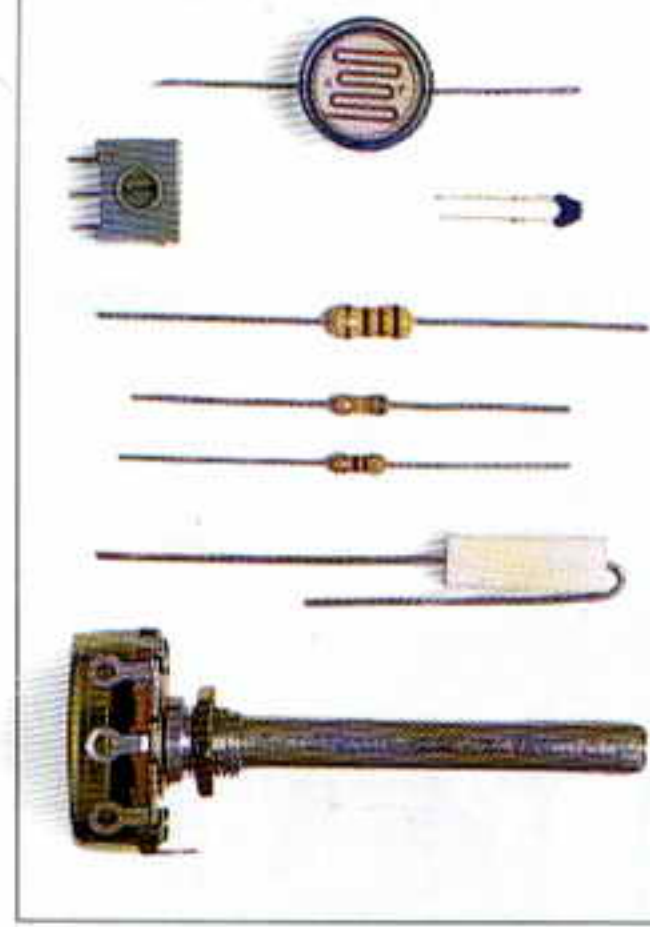
مُقاوِمٌ ضوئيٌّ
الاعتمادية.

في واجهة المصباح الليلي الأوتوماتي أعلاه، يوجد مُقاوِمٌ حسَّاسٌ للضوء، تتزايد مُقاومته في العتمة، وتتأثر دارات إلكترونية بهذا التغيير فتُغيرُ النَّيَّارَ لِتُنبِئَهُ لَيْلًا.

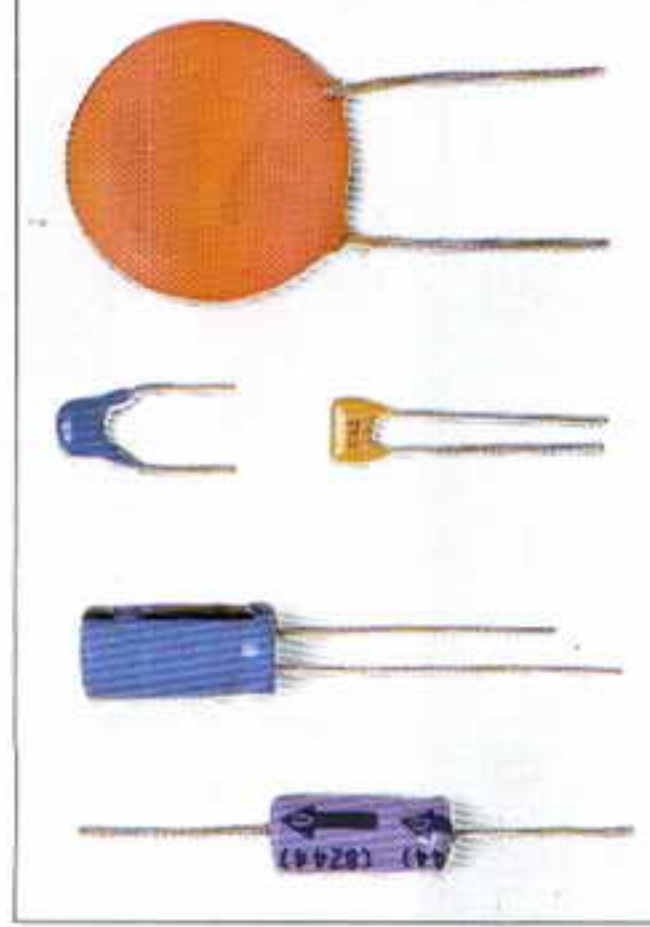
المُقاوِمَاتُ

يجري التَّحَكُّمُ في شِدَّةِ النَّيَّارِ السَّارِي فِي دَارَةِ كَهْرِبَائِيَّةٍ بِالْمُقاوِمَاتِ؛ فالْمُقاوِمُ العَالِي المَقَاوِمَةُ يُمرُّ تَبَّارًا صَغِيرًا نِسْبِيًّا. وَالْمُقاوِمَاتُ المتغيرةُ المصنوعة من الكربون أو الأسلاك ذات مُلامِسٍ انزلاقيٍّ يُمكنُ به تغييرُ المَقَاوِمَةِ. أمَّا المُقاوِمَاتُ الضوئيةُ الاعتمادية فتقلُّ مُقاومتها بِاشْتِدَادِ الضَّوءِ؛ كما إنَّ مُعْظَمَ المُقاوِمَاتِ الحراريةُ الاعتمادية (الترانزستورات) تقلُّ مُقاومتها بِارْتِفَاعِ درجَةِ الحرارة.

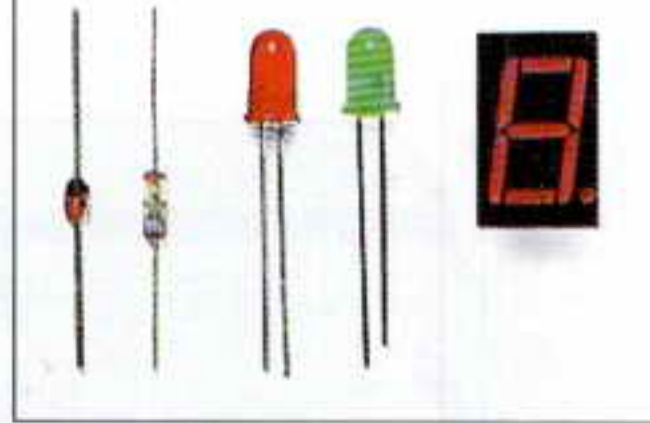
مُقاوِمَاتُ



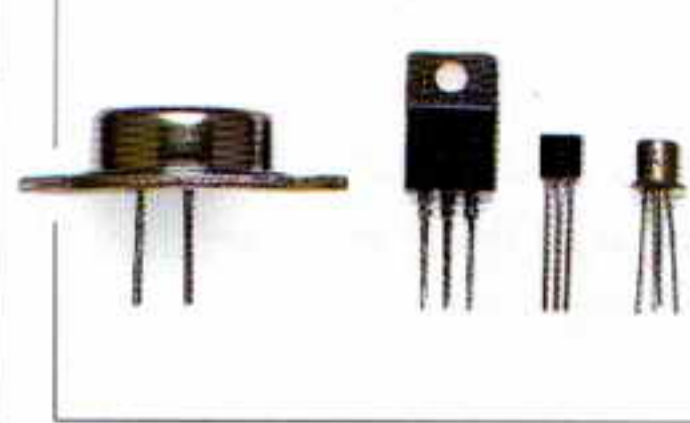
مُكثِّفَاتُ



دَايُودَاتُ



ترانزستورات



الدَّايُودَاتُ (الصَّمَامَاتُ الشَّائِيَّةِ)

الدَّايُودَاتُ فِي دَارَةِ إلكترونية، تسمَحُ بِسَرِيانِ النَّيَّارِ الكَهْرِبَائِيِّ فِي اتِّجَاءٍ وَاحِدٍ فَقَطْ. وَهَكَذَا فَهِيَ تَحَوِّلُ النَّيَّارَ المتناوبَ إِلَى نَبْضَاتٍ مِنَ النَّيَّارِ المُستمرِّ. تُصمِّمُ بعضُ الدَّايُودَاتِ لِلاضْطِلَاعِ بِالنَّيَّارَاتِ الضَّعِيفَةِ؛ بينما تستطيعُ أُخَرُ تَدَاوُلَ النَّيَّارَاتِ العَالِيَةِ جَدًّا. وَمِنَ الدَّايُودَاتِ مَا هُوَ ضَوَاءٌ (بَاعِثٌ لِلضَّوءِ) فيُستخدَمُ كصِمَامٍ دَلِيلِيٍّ.

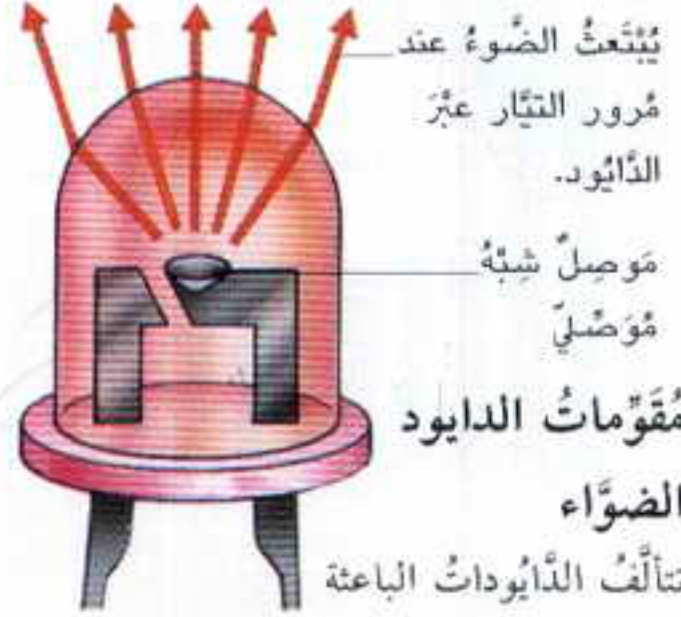
الترانزستورات (المُحَوِّزَاتُ)

الترانزستورات مُقَوِّمَاتُ تُضخِّمُ النَّيَّارَ الكَهْرِبَائِيَّ، وَبِمَكْنِهَا أَيْضًا وَضْلُهُ وَقَطْعُهُ. وَتَخْتَلِفُ الترانزستورات تبعًا لمدى تردُّدِ الإشارات التي تستطيعُ تَدَاوُلَهَا. مُعْظَمُ الترانزستورات لا تُستهلكُ سِوَى بَضْعَةٍ مِلي أمبيراتٍ فقط من مَوْرِدِ قُلْطِيَّتِهِ ١٢ فِلْطًا أَوْ أَقَلَّ. وَالترانزستورات التي تَدَاوُلُ قُدْرَاتٍ عَالِيَةٍ تُسخَّنُ، لِذَا فَهِيَ تُزَوِّدُ بِنَبَاطٍ فِلْزِيَّةٍ مُزَعَنَّةٍ، تدعى بِوَالِيعِ حراريَّةٍ، لِإشعاعِ الحرارة.



كَيْفَ يَعْمَلُ الترانزستور

التَغْيِيرُ الصَّغِيرُ فِي النَّيَّارِ السَّارِي فِي القَاعَةِ يُسَبِّبُ تَغْيِيرًا أَكْبَرَ فِي النَّيَّارِ السَّارِي عِبرَ المُجْمَعِ. وَهَكَذَا فَإِنَّ تَسْلِيْطَ إِشَارَةٍ صَغِيرَةٍ عَلَى القَاعَةِ يَظْهَرُ كإشارةٍ أَكْبَرَ عَلَى المُجْمَعِ. وَتُسمَّى تَقْوِيَةُ الإِشَارَةِ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ التَّضْخِيمِ.



مُقَوِّمَاتُ الدَايُودِ

الضَّوَاءِ

تتألَّفُ الدَّايُودَاتُ الباعِثَةِ لِلضَّوءِ من مَوْصِلٍ شَبِيهِ مَوْصِلِيٍّ فِي كَبْسُولَةٍ لَدَائِيَّةٍ. يَتَبَعُ الدَايُودُ نُورًا عِنْدَمَا يَمُرُّ تَبَّارٌ عِبرَهُ. وَالدَّايُودَاتُ الضَّوَاءِ نَادِرَةٌ التَّعَطُّلِ جَدًّا لِذَا تُستخدَمُ بَدَلًا مِنَ الصَّمَامَاتِ.



تَتَضَمَّنُ وَحْدَةُ الوَضْعِ

مُكثِّفًا يَحْتَرِزُ شِخْنَةً كَهْرِبَائِيَّةً. فَعِنْدَمَا تَنْطَلِقُ الشَّخْنَةُ إِلَى صِمَامٍ خَاصٍّ، يَتَوَلَّدُ وَبِضْ سَاطِعٌ.

المُكثِّفَاتُ

المُكثِّفَاتُ نَبَاطُ تَحْتَرِزُ شِخْنَةً كَهْرِبَائِيَّةً وَتُظَلِّقُهَا عِنْدَ الْحَاجَةِ. وَيتألَّفُ المَكثِّفُ من طَبَقَتَيْنِ فِلْزِيَّتَيْنِ تُفَصِّلُ بَيْنَهُمَا طَبَقَةٌ عَازِلَةٌ، كَاللَّدَائِنِ مَثَلًا. أمَّا المَكثِّفَاتُ الكَهْرِلِيَّةُ فَتُصنَّعُ بِتَرْسِيبِ طَبَقَةٍ عَازِلَةٍ بِالكَهْرَلَةِ عَلَى صَفَائِحٍ مِنَ الأَلُومِينِيُومِ. وَتَحْتَرِزُ المَكثِّفَاتُ المُخْتَلِفَةُ القِيَمَةَ السَّعَوِيَّةَ كَمِّيَّاتٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الشَّخْنَةِ عِنْدَمَا تَمُرُّ القُلْطِيَّةُ نَفْسُهَا عِبرَ صَفَائِحِهَا.



الدَّايُودَاتُ الضَّوَاءِ

تُستخدَمُ الدَّايُودَاتُ الضَّوَاءِ لِإِثَارَةِ الأَرْقَامِ فِي بعضِ الحَاسِبَاتِ، أَوْ كَمُؤَشِّرَاتٍ عَلَى اللُّوَحَاتِ الإلكترونية. وَتتألَّفُ مُؤَشِّرَاتُ مُسْتَوَى الصَّوْتِ فِي بعضِ المُضَخِّمَاتِ من أَعْمَدَةٍ مِنَ هَذِهِ الدَّايُودَاتِ، إِذْ يَزْدَادُ عَدْدُ الدَّايُودَاتِ المُنِيرَةِ بِازْدِيَادِ مُسْتَوَايِ الصَّوْتِ.

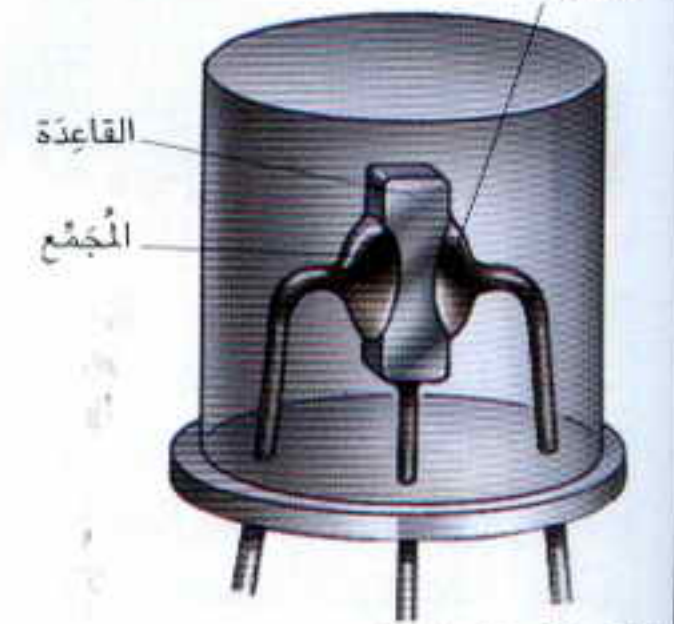
لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انظُرْ

- الكَهْرَلَةُ (التَّحْلِيلُ بِالكَهْرِبَاءِ) ص ٦٧
- الكَهْرِبَاءُ التَّيَّارِيَّةُ ص ١٤٨
- الدَّارَاتُ الكَهْرِبَائِيَّةُ ص ١٥٢
- الرَّادِيُو ص ١٦٤
- الدَّارَاتُ المُتَكَامِلَةُ ص ١٧٠
- الحَاسِبَاتُ ص ١٧٢
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٠

المُضَخِّمُ

يَحْوِي المُضَخِّمُ دَارَةً تُكَبِّرُ الإِشَارَةَ الكَهْرِبَائِيَّةَ الصَّغِيرَةَ. وَتُغْذِّي الترانزستورات الإِشَارَةَ المُضَخَّمَةَ (المُقَوَّاةَ) إِلَى المُجْهَرِ.

المُبْتَعِثُ



مُقَوِّمَاتُ الترانزستور

يتألَّفُ هَذَا الترانزستور من طَبَقَةٍ شَبِيهِ مَوْصِلٍ مِنَ النَّمَطِ (النَّمَطِ الإِيجَابِي) مَحْصُورَةٍ بَيْنَ طَبَقَتَيْ شَبِيهِ مَوْصِلٍ مِنَ النَّمَطِ س (النَّمَطِ السَّلْبِي). الطَّبَقَةُ الوُسْطَى هِيَ قَاعَةُ الترانزستور، أمَّا الطَّبَقَتَانِ الخَارِجَتَانِ فَتَوَلِّفَانِ المُبْتَعِثَ وَالمُجْمَعِ.

الدَّاراتُ المتكاملة

هنالك جزءٌ صغيرٌ داخلَ اللعبة الإلكترونية يتحكّم في سائر أنشطتها - يُحرّك الأحرف أو الرّموزَ على الشاشة، يُسجّلُ الإصابات، ويُصدِرُ الطّنينَ إذا ربّحتَ أو خسرتَ. هذا الجزء الصغير هو دائرةٌ متكاملة (أو رقاقةٌ سليكونيّة) دقيقةٌ لا تتجاوزُ مساحتها بضعة مليمتراتٍ مُربّعة. الرّقاقة تضمُّ المَقوّماتِ الإلكترونيّة كُلّها؛ وهناك الآلاف منها على الرّقاقة السليكونيّة الدقيقة. تُؤدّي الداراتُ المتكاملةُ مُختلفَ المُهمّاتِ نفسها التي تقومُ بها الداراتُ المصنوعة من مَقوّماتٍ إلكترونيّة مُنفصلة. والرّقاقاتُ بكونها قليلة كلفة التصنيع وعالية الموثوقيّة، أسهمت في جعل المُعدّات الإلكترونية أرخص ثمنًا وأصغر حجمًا وأكثر كفايةً وفعاليّة.

لُعبة إلكترونيّة

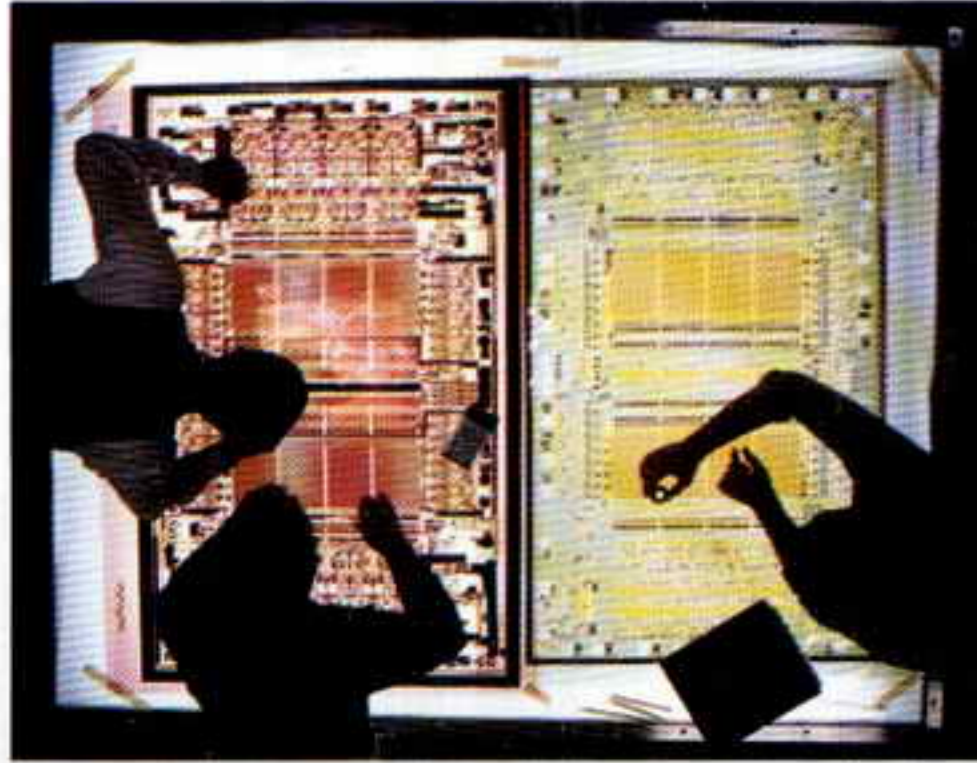
اللُعبة الإلكترونيّة اليدويّة هي حاسباتٌ مُكرّسة مُبرمجة لأداء عملٍ مُعيّن فقط. فاللُعبة أعلاه تعرّض على شاشتها مشهدًا فضائيًا يقوم فيه اللاعبون بإطلاق النار على السفن الفضائيّة المُعادية.

تصميم الدّارة

قَبْلَ أن تُصنّع الدّارة المتكاملة، يُرسمُ مُخطّطٌ كبيرٌ لها بالكامل ويُراجَعُ للدقّة. وحيثُ إنّ الدّاراتُ المتكاملة تُركّبُ من طبقاتٍ، فإنّه يُصارُ إلى تصميم كُلّ طبقةٍ على جدّة ورسمها. ثم يُصنّع من هذه التصميماتُ نُسخة بحجم الرّقاقة تُدعى القناع.

الدّاراتُ المُصنّعة

تُشكّل داراتٌ متكاملة متعدّدة في الوقت نفسه على الرّقاقة السليكونيّة، وهي شريحة من بلّورة سليكون نقيّة. بعد التصنيع تُختبَرُ كُلّ دائرة بمفردها إلكترونيًا، ثم تُركّبُ الدّاراتُ التي تتجاوزُ كُلّ الاختبارات بنجاح في كبسولة لدائيّة أو خزفيّة وافيّة.

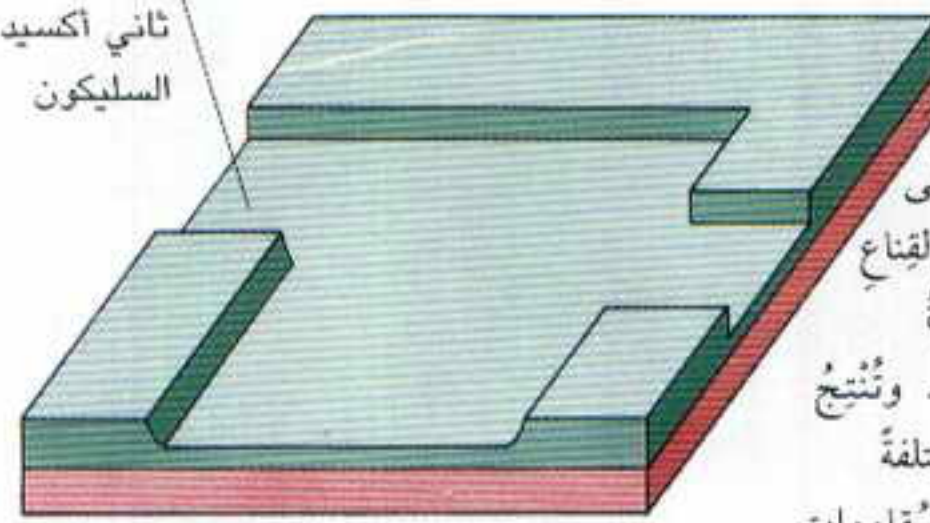


الرّقاقة السليكونيّة شبّهة
مُوصّل من النمط م

صُنْعُ الرّقاقات

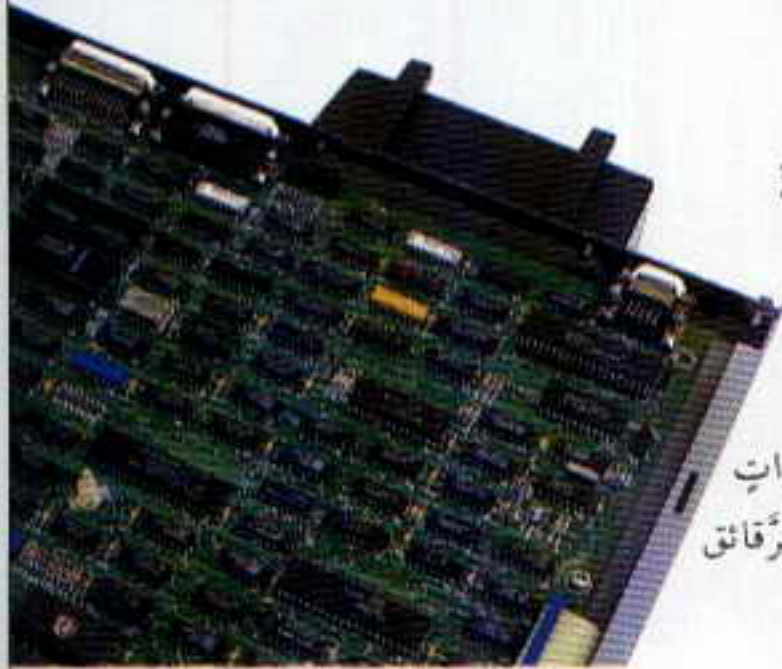
تُصنّع مَقوّماتُ الرّقاقة برصيفٍ شبّه مُوصّلات من التّمطين م و س وموادّ أخرى على القاعدة السليكونيّة، باستخدام القناع المُعيّن دليلاً، وتُستخدَم الحرارة والكيميائيّات في تشكيل المواد. وتنتجُ التوليفاتُ المُختلفة مَقوّماتٍ مُختلفة كالترانزستورات والدّايودات والمقاومات والمُكثّفات الخفيفة السّعة. إلى اليسار تَرى ثلاثاً من المراحل المُتعدّدة التي يتطوّر عليها إنتاجُ مَقوّم واحدٍ على الرّقاقة - هو في هذه الحال ترانزستور من نوع خاص ذو إلكترويد مركزيّ مغزول.

طبقة عازلة من
ثاني أكسيد
السليكون



لَوْحَةُ الدّارة

بعضُ النّبائط البسيطة يحوي رِقاقة رئيسيّة واحدة وبضعة مَقوّماتٍ أخرى. لكنّ الأجهزة الأكثر تعقيداً، كالحاسوب، قد تحوي رِقاقاتٍ عديدة مُركّبة على لَوْحَة داراتٍ مطبوعة، حيثُ التوصيلاتُ بين الرّقاقات والمَقوّمات الأخرى «مطبوعة» بالنحاس.



رِقاقة في وَسَط
كبسولة خزفيّة

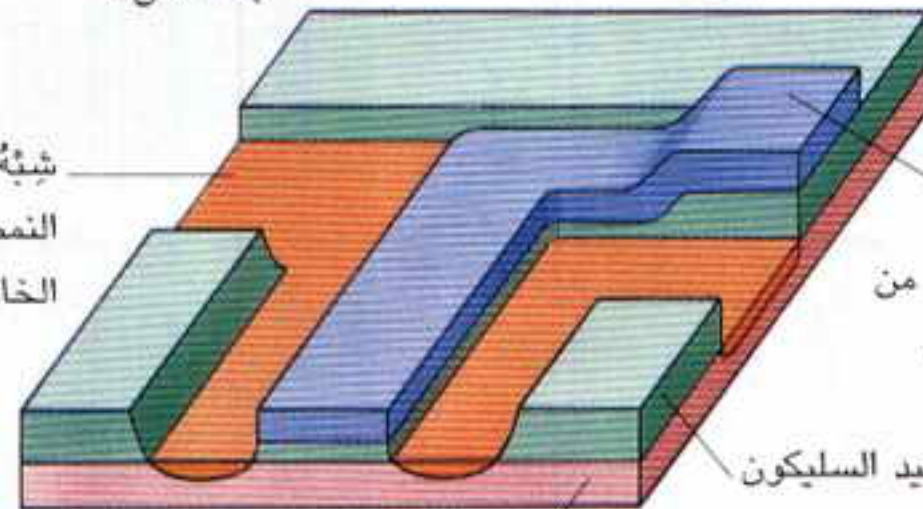


رِقاقة كبسوليّة

«الرّقاقة» التي تُشاهدُها على لَوْحَة دارّة هي في الحقيقة كبسولة تحمي رِقاقة في داخلها. وتتمّ التوصيلاتُ بين الرّقاقة ولَوْحَة الدّارة بواسطة أسلاكٍ من الذهب مُتصلة بمسامير فلزيّة تبرّز من الكبسولة. وهذه المسامير تُلحمُ بلَوْحَة الدّارة أو توصّلُ بالقَبس في مقاييس خاصّة.

شبّهة مُوصّل من
النمط س للإلكترونيات
الخارجيّة.

مُوصّل الرّقاقة
بلَوْحَة الدّارة بواسطة
دبابيس بارزة.



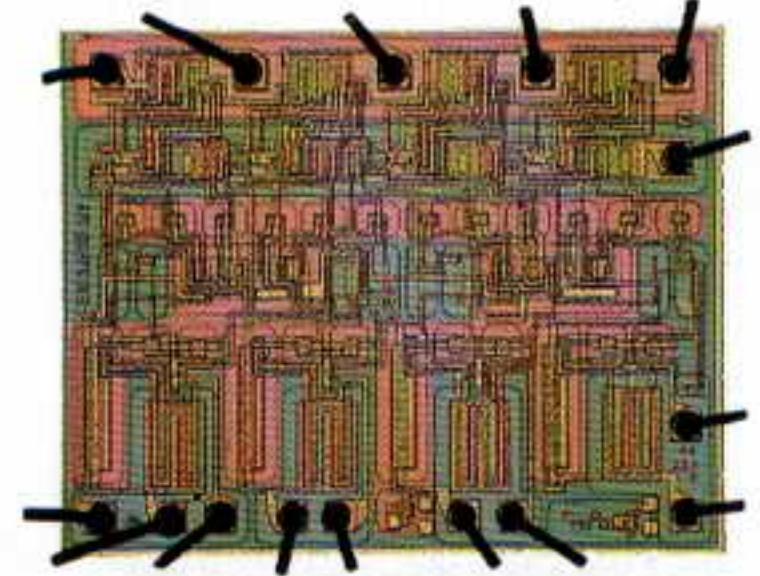
إلكترويد
ترانزستوري من
الپوليسليكون

سليكون من النمط م

التوصيلاتُ إلى الإلكترونيات
تُصنّع من مُوصّل هو الألومنيوم.

ثاني أكسيد السليكون

لا يزيدُ عَرْضُ هذا الترانزستور على واحدٍ بالآلاف من المليمتر.



في داخل الرّقاقة

هذا جزءٌ من سطح رِقاقة سليكونيّة (دائرة متكاملة) مُكبّر ٤٠ مرّة. وتتمّ التوصيلاتُ بداراتٍ أخرى عبْر أسلاكٍ رفيعة تُلحمُ بِوَسيداتٍ حَوْلَ أطراف الرّقاقة.

استخدام الدارات المتكاملة

تستخدم لعبة الكرات (المتدحرجة) والمسامير هذه دائرة متكاملة بسيطة تحوي عدة بوابات منطقية - تتألف الواحدة منها من بضعة ترانزستورات ومقومات أخرى. وتستجيب البوابة المنطقية لتواجد أو غياب الإشارات الواردة، وتصدر الخرج الملائم. وتُشغل الرقاقة دايودات ضوئية ملونة تبين الشقوق التي تدخلها الكرات (الفلزية)، وتحدد الرّيح أو الخسارة. ولكي يربح اللاعب، عليه إدخال كرة واحدة على الأقل في كل من الشقين الأزرق والأصفر، على ألا يدخل أيًا في الشق الأحمر. وفي حالة الرّيح، يضيء الدايود الأخضر كما يضيء الأحمر في حالة الخسارة.

ما لم تدخل كرة الشق الأحمر «ج»، لا يحصل دخل في بوابة «لا». وفي هذه الحال ترسل إشارة الخرج إلى بوابة «و».

دايود ضوئي

مقاوم

تُعطي بوابة «و» الثلاثية الدخل إشارة خرج فقط عندما تتواجد إشارة في كل من مواقع الدخل الثلاثة. وهكذا تُعطي بوابة «و» خرجًا عندما تتواجد كرة في أحد الشقين الأزرقين، وفي أحد الشقين الأصفرين ولا كرات في الشق الأحمر. والخرج من بوابة «و» يضيء الدايود الأخضر دليلًا على الرّيح.

بوابة «و»

تُعطي بوابة «و» المزدوجة الدخل خرجًا عندما تُسلط إشارة إلى كلا موقعي الدخل.

الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
0	0	1
0	1	0
1	1	1

بوابة «أو»

تُعطي بوابة «أو» المزدوجة الدخل خرجًا عندما تُسلط إشارة إلى أحد موقعي الدخل أو كليهما.

الخرج	الدخل ب	الدخل أ
0	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

بوابة «لا»

تُعطي بوابة «لا» خرجًا عندما لا تُسلط إشارة إلى دخلها. كما لا تُعطي إشارة خرج بوجود إشارة دخل. أحيانًا تُدعى بوابة «لا» عاكس الطور.

الخرج	الدخل
1	0
0	1

دائرة الكرات (المتدحرجة) والمسامير

عندما تدرج كرة إلى أحد الشقوق تحدث بموصلتها تماسًا بين الملامسين الفلزيين اللذين يتصل أحدهما بقطبية موجبة ضعيفة. وهكذا فإنه عند عبور كرة إلى شق، يوجه ذلك الشق الإشارة المُسلطة إلى إحدى البوابات - علمًا أن الدارة مرتبة بحيث يضيء الدايود ذو اللون الصحيح في الشق المعين. إن تمديدات القدرة إلى البوابات المنطقية لا تظهر في الرسم أعلاه.

البوابات المنطقية

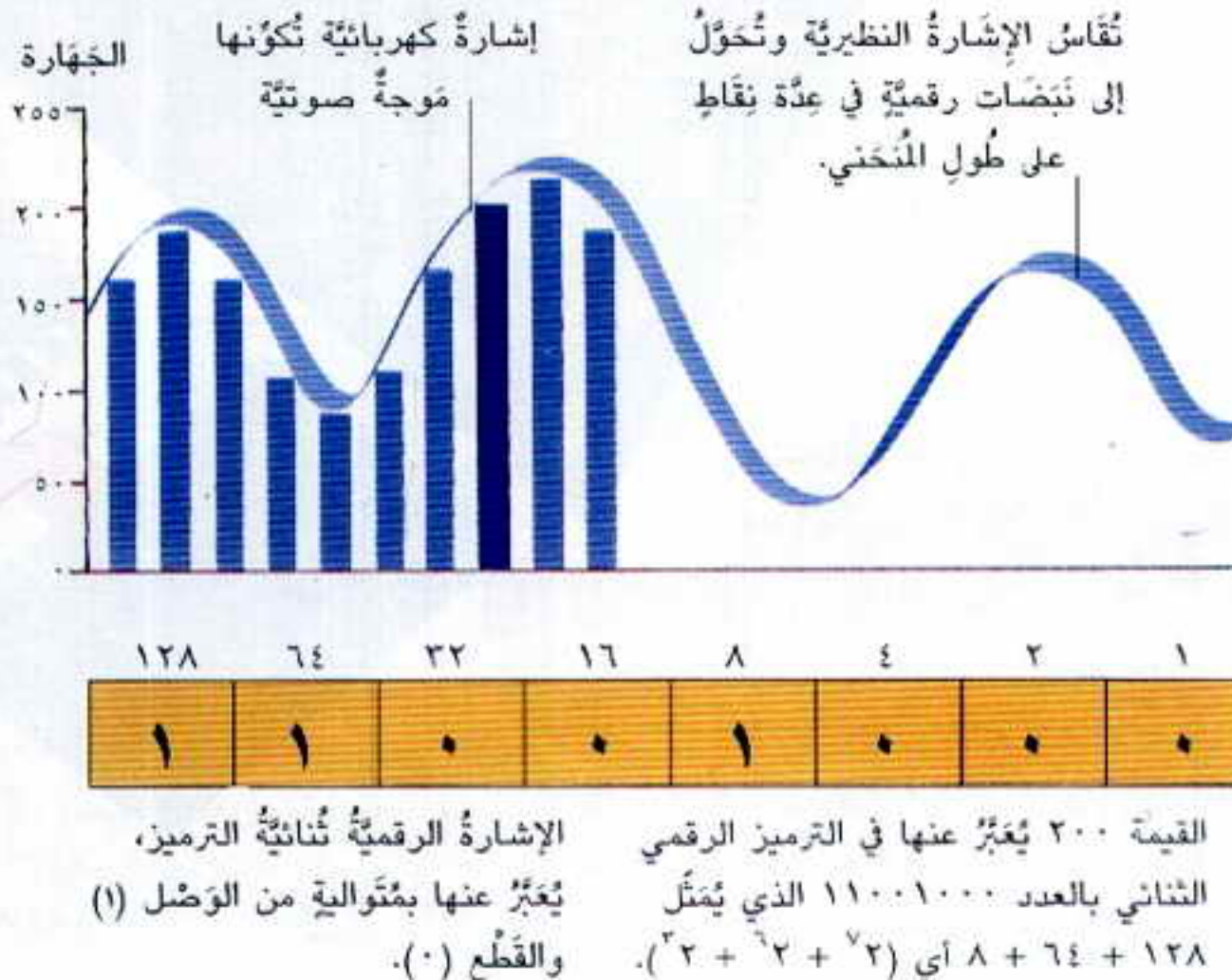
تعمل البوابات المنطقية بإشارات رقمية - غالبًا بوجود أو غياب قطبية موجبة ضعيفة. وتبين جداول الصواب نتائج تسليط الإشارات المنطقية على هذه البوابات. في جدول الصواب يُدوّن وجود الإشارة بالرقم 1 وعدم وجودها بالصفر (0).

من النظري (القياسي) إلى الرقمي

تستخدم دارات متكاملة مُصممة خصيصًا لتحويل الإشارات النظرية، كالإشارة الصوتية، إلى أشكال رقمية يمكن تخزينها في أسطوانة مدمجة (مرصوفة) مثلاً. وهذا يكسب الصوت نوعية أفضل بكثير لأنه لا يشوه بالتضخيم ولا يلتقط الأصوات الدخيلة كتهيس البلى في الأسطوانات المسجلة. والإشارات الرقمية يُعاد تحويلها عند الاستقبال أو الاستعادة إلى إشارات نظرية (قياسية) هي، في الواقع، نسخ كهربائية نظرية للصوت أو الرؤية أو لإشارات أخرى، فتتغير باستمرار. أما الإشارات الرقمية فتتألف من نبضات بسيطة من الوصل والقطع.

قياس الإشارة

لتحويل الإشارة النظرية (القياسية) إلى إشارة رقمية، تقيس دائرة متكاملة شدة الإشارة النظرية آلاف المرات كل ثانية. ثم تحول هذه القياسات إلى النمط الصحيح من الإشارات الرقمية.



لمزيد من المعلومات انظر

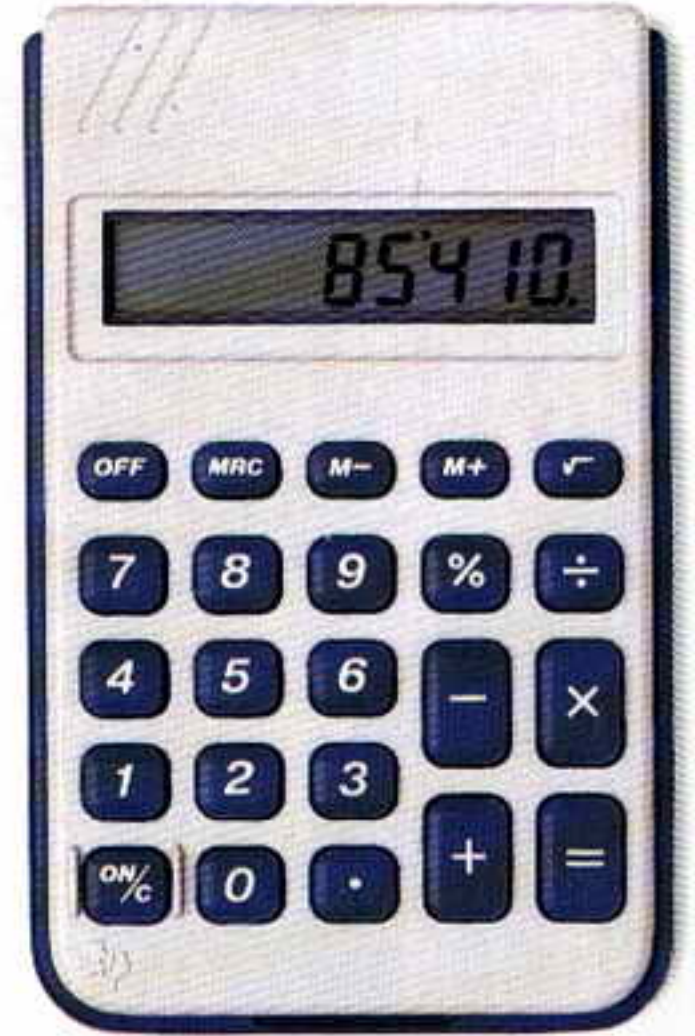
مقومات إلكترونية ص ١٦٨
الحاسبات ص ١٧٢
تسجيل الصوت ص ١٨٨
حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الحاسبات



مَكِنَّةُ الْفُرُوقِ

الحاسبة الإلكترونية الحديثة هي أعجوبة التقنية في تصغير الحجم، إذ إن قدرتها الحسابية تفوق ملء غرفة من المعدات الحاسبة الإلكترونية الأولى. وهي، في الواقع، حاسوبٌ مختصٌ بالعمليات الحسابية يُعطيك ناتجَ الحسابية تَوَّاً حالَ رَفْعِكَ الضغطة على الزر الأخير - جَمْعًا أو طَرَحًا أو ضربًا أو قِسْمَةً. ولا يقتصرُ عملُ الحاسبات اليوم على العمليات الأساسية فهي تحوي مفاتيحَ لمعالجة الدوال الرياضية وحلِّ العمليات المُعَقَّدة أوتوماتيًّا. ويُمكنُ برَمَجُ بعض الحاسبات للقيام بعمليات حسابية مُعَيَّنة.



حاسوب الأعداد

بعض الناس يستخدمون أصابعهم للعد والحساب، ولعلَّ هذا هو سبب اعتمادنا النظام العشري أساسًا لحساباتنا. يُستخدمُ نظامُ العدِّ العشري الأرقام العشرة من ٠ (صفر) إلى ٩ (تسعة). أما الحاسبات الإلكترونية الحديثة فتستخدمُ نظامَ العدِّ الثنائي ذا الرقمين ٠ (صفر) و ١ (واحد). ذلك لأنَّ الدارات الإلكترونية المُصمَّمة لتعرفُ مُستويي إشارتين فقط تُمثِّلان الصفر (٠) والواحد (١)، هي أبسطُ وأكثرُ موثوقيةً من الدارات المُصمَّمة لتعرفُ مُستويات عشر إشارات.

حاسبة الجيب

حاسبة الجيب، أعلاه، تحوي ذاكرة إضافية لتخزين الأعداد التي يُحتاج إليها في الحساب لاحقًا. كما يُمكنها إيجاد الجذور التربيعية للأعداد، والنسب المئوية للزوايا.

شارل باباج

في مطلع الثلاثينيات من القرن التاسع عشر، صمَّم الرياضي الإنكليزي شارل باباج (١٧٢٩-١٨٧١) حاسبة ميكانيكية سُميت «المَكِنَّة التحليلية».



وكان مُفترضًا لها أن تحوي مَخزنًا أو ذاكرةً، للأرقام، ووَحْدَةً حاسبة لإجراء العمليات الحسابية حسب التعليمات الواردة من وَحْدَةِ التَحْكُم. وكان من ضمن التصميم أن تُغذَّى المَكِنَّة بالتعليمات (البرامج) مُرَمَّزة كأنماط من الثقوب في بطاقات مُخَرَّمَة - بحيث تكون قابلة للبرمجة (على عكس مكنات الفروق)، كما هي الحال في الحواسيب الحديثة التي أعتمدت أساسًا هذه الأفكار. لقد كرَّس باباج عدَّة سنوات من حياته وأنفق الكثير من ثروته على هذه المَكِنَّة التي لم تَرَ النور.



لوحية المفاتيح

تُغلقُ المقاليذ خلف لوحية المفاتيح لفترة وجيزة عند ضغط مفاتيح الأرقام والتعليمات الأخرى (مثل +، -، ÷، × أو =). ونكشف الدارات الإلكترونية المُدخَلات إلى الحاسبة فتختزنُها بشكل ثنائي. ثم تقوم دارات أخرى بالعمليات الحسابية.

النظام الثنائي

يُمثِّلُ العدد العشري ٢٥ مثلاً، في النظام الثنائي بـ ١١٠٠١؛ أي ١ × ١، زائد ٠ × ٢، زائد ٠ × ٤، زائد ٠ × ٨، زائد ١ × ١٦. وقد يبدو هذا لنا مُعَقَّدًا، لكنَّه من السَّهْلِ جدًّا للحاسبة تمثيلُ واختزانُ وتعرُّفُ كُلِّ من الصفر «٠» أو الواحد «١» كأنعدام أو وجود قُلْطِيَّة كهربائية. والحاسبة سُرعان ما تُحوِّلُ العدد الثنائي المُحسوب آليًا إلى عددٍ عشري يظهر على إطار العرض.

لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- مُقَوِّمَات إلكترونية ص ١٦٨
- الدارات المُتكاملة ص ١٧٠
- الحواسيب ص ١٧٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

الحواسيب

تستطيع الحواسيبُ مساعدتك في كتابة الرسائل ورسم الصور والسُّلوى بالألعاب وإجراء العمليات الحسابية بسرعة، وفي القيام بمهام عديدة أخرى. فقد يلزمك مثلاً، ساعاتٍ لحساب وتدوين جدول ضرب العدد ١٢ حتى ٣٠٠٠ ضرب ١٢؛ لكن الحاسوب يستطيع إنجاز ذلك في جدول أنيق الطباعة خالٍ من الأخطاء ضمن دقائق معدودات. يتناول الحاسوب النصوص المختلفة بتخزينها رموزاً تمثل حروف الأبجدية والفُسحات وعلامات الترقيم؛ وأستخدام الحاسوب في كتابة النصوص وتحريرها يُسمى معالجة الكلمات. ويساعد الحاسوب أيضاً في إنتاج المخططات والرُّسوم البيانية دون الحاجة إلى ورق وأقلام. وفي أعمال النشر النضدي يجمع الحاسوب الكلمات والصور لإنتاج الجرائد والكتب والمجلات في المكتب. فيتواجد البرامج والمعدات (العتاد) الحاسوبية الملائمة يُمكنك القيام بجميع هذه الأشياء وكثير غيرها.



الحاسوب المصغر

الحاسوب المصغر الحقيقي يُمكن الناس من العمل أثناء السفر. بعض هذه الحواسيب يخزن المعلومات في ذاكرة مُداومة القدرة بينما يخزن بعضها الآخر المعلومات في وحدة تخزين قُربية.

الحاسوب البيتي

الحاسوب المنزلي النموذجي مُزوّد بنائط لإدخال البيانات (المعلومات) والبرامج. وفي داخله دارات إلكترونية تقوم بالعمليات وترسل النتائج إلى نائط الخرج. وتغذي الحاسوب بالبرامج المُسجلة على أشرطة مغناطيسية أو أقراص مباشرة أو باستنطاقها في وحدة خاصة؛ كما يُمكن تغذيته بالمعلومات باستخدام لوحة مفاتيح أو أي نبيطة إدخال أخرى. أما خرج الحاسوب فهو عادةً على شكل كلمات أو أرقام أو صور تُعرض على شاشة أو تُطبع على ورق أو تُبث أصواتاً عبر المُجهار. ويمكن تخزين هذا الخرج على شريط أو قرص.



تُستخدم لوحة المفاتيح لإدخال المعلومات والأوامر.

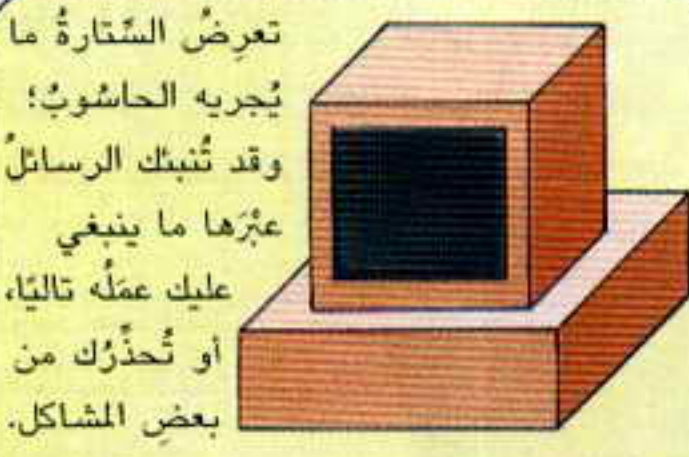
عند تحريك فأرة الحاسوب تدور كُرّة في أسفلها،

ويتحول دورانها إلى إشارات إلكترونية تحرك مؤشرًا على الشاشة.

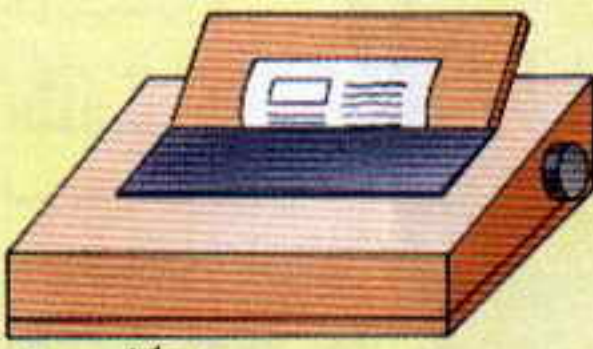


عند جرّ المرقم على لوحة المخططات، تتحول الحركات إلى إشارات كهربائية، تجعل الحاسوب يحاكيها خطوطاً على الشاشة.

في مُمارسة بعض الألعاب الحاسوبية تُستخدم أذرع تحكم لتوجيه المركبات حول الشاشة.



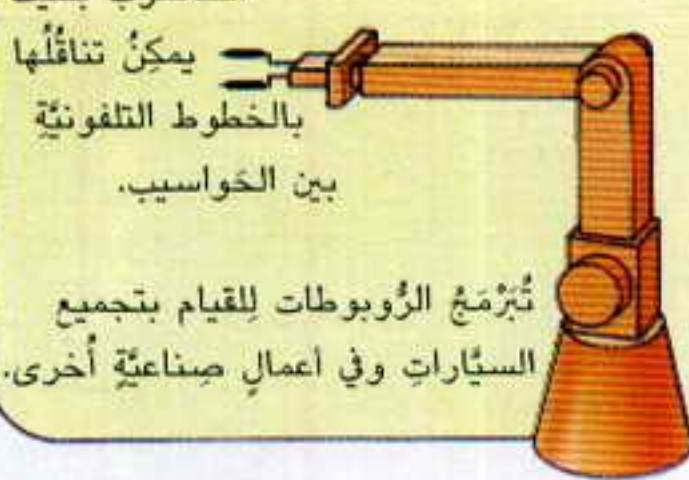
تعرض الستارة ما يُجريه الحاسوب؛ وقد تُبث الرسائل عبرها ما ينبغي عليك عمله تالياً، أو تُحذرك من بعض المشاكل.



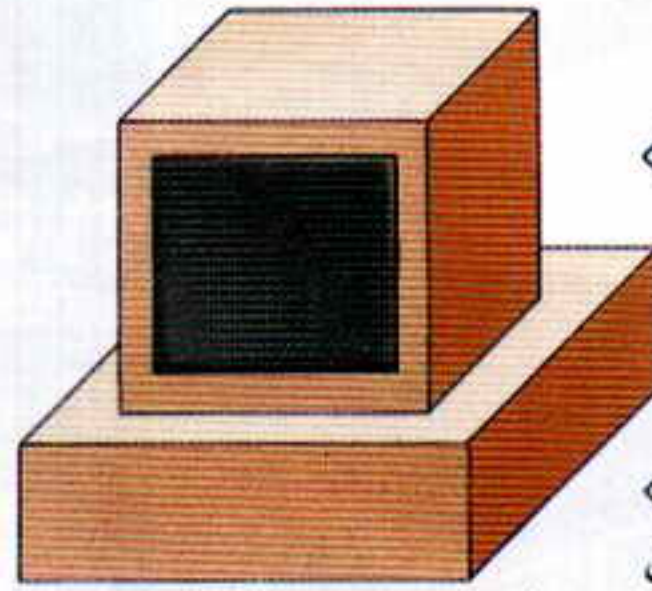
الكثير من الطابعات تُشكل حروفاً وضوئاً باستخدام مجموعات من النقاط.



المُويم (المُضخّن المُستخلص) يُحوّل إشارات الحاسوب بحيث يمكن تنقلها بالخطوط التلفونية بين الحواسيب.

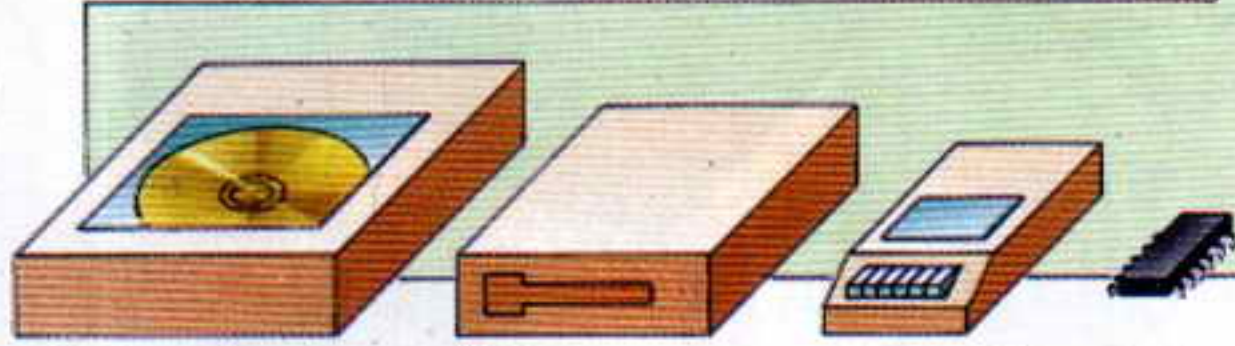


تُبرمج الروبوتات للقيام بتجميع السيارات وفي أعمالٍ صناعية أخرى.



التخزين

الكميات الضخمة من المعلومات والتعليمات التي يتناولها الحاسوب لا بُد لها من تخزين. والتعليمات التي تولّف البرامج تُخزن عادةً كنصوص على أشرطة مغناطيسية أو أقراص؛ فتغذي هذه التعليمات إلى الحاسوب وتُخزن مؤقتاً في رقائق الذاكرة. وهناك رقائق أخرى في الحاسوب تُخزن التعليمات على الدوام - كـ بعض الرسائل التي تُعرض على الشاشة لتُبنى المُستخدم ماذا يفعل تالياً. وكثيراً ما تُستخدم الأشرطة المغناطيسية والأقراص أيضاً لتخزين ما أنجز من أعمالٍ على الحاسوب.



تُخزن الرقائق يمكن استخدامها
البرامج الكاسيتات في الأقراص المرنة
والمعلومات تخزين البرامج أسرع عملاً من الكاسيتات
كنصصات والمُعطيات. الشريطية.
إلكترونية.

نائط الإخراج

يُمكنك عادةً مشاهدة عمل الحاسوب بِمُراقبة شاشته، كما يُمكنك الحصول على تسجيل دائم له في نسخة مطبوعة، بإرسال المعلومات في الحاسوب إلى الطابعة. أحياناً يُغذي خرج الحاسوب إلى حاسوب آخر عبر خط تلفوني باستخدام المُويم (المُضخّن المُستخلص). وتستطيع الحواسيب أيضاً نقل توجيهاتها إلى الروبوتات لتحرك حسب رغبتنا.

نائط الإدخال

الحواسيب المتعددة الأغراض لها لوحة مفاتيح تضم جميع حروف وأرقام الآلة الكاتبة، بالإضافة إلى بضعة مفاتيح أخرى. وتُستخدم لوحة المفاتيح في تغذية الحاسوب بالكلمات والأرقام، كما أيضاً في طباعة التوجيهات وفي تحريك اللاعبين أو الأشياء هنا وهناك على الشاشة في اللعب. لكن هناك نائط إدخال أخرى قد تكون أحياناً أكثر إفادة؛ فليراع التحكم مثلاً أفضل من لوحة المفاتيح في توجيه الأشياء المُتحركة في الألعاب؛ كما إن فأرة الحاسوب يمكن تحريكها على الطاولة لتحريك مؤشر على الشاشة. ويمكن استخدام فأرة الحاسوب أيضاً في رسم الصور، لكن لوحة المخططات أيسر استعمالاً في ذلك. والعلامات الموسيقية يمكن إدخالها بلوحة مفاتيح كما الآلة الكاتبة، لكن من الأسر والأفضل استخدام لوحة مفاتيح موسيقية مُصممة خصيصاً لهذا الغرض.

العتاد والبرامجيات

يحتاج الحاسوب إلى معدات (عتاد مادي) وأطقم معلومات وتعليمات (برامجيات)، بالإضافة إلى برامج تُنظم تُشغلها، كي يُنجز أعمالاً مفيدة. يتعامل الحاسوب بالمعلومات والتعليمات على شكل إشارات إلكترونية تمثل أحاداً وأصفار النظام الثنائي. إن كتابة البرامج على هذا الشكل تستغرق وقتاً طويلاً، لذا تجري كتابتها بلغات برمجة خاصة تُشبه الإنكليزية نوعاً. وهذه اللغات تتحول أوتوماتياً إلى شكل يفهمه الحاسوب.

الحاسوب

الحاسوب الشخصي صندوق يحوي الوحدات الإلكترونية الرئيسية، ومجهز بمقاييس لتوصيل مأخذ الإمداد ولوحة المفاتيح والمِرْقَاب والطابعة وأجهزة أخرى. تُركب وحدات الأقراص (المُسَمَّاة سَوَاقَات) عادة داخل الصندوق لكن الجهاز يزود غالباً بمقاييس لتوصيل سَوَاقَات أقراص أخرى.

توجد هذه المقاليذ (المفاتيح) الخُمُر تحت لوحة المفاتيح.

لوحة المفاتيح

لوحة المفاتيح تضم الكثير من مقاليذ انضغاطية الأزرار مَوسُومة بالحروف ورموز أخرى. والذي يحدث عند كبس مفتاح مُعَيَّن منها يتوقَّف على كَيْفِيَّة بَرْمَجَة الحاسوب. فقد تُعرَض ضغطة المفتاح حرفاً هجائياً على الشاشة، أو تُحرِّك شخصية في إحدى ألعاب المغامرة، بآتجاه مُعَيَّن.

الحواسيب

١٦٤٢ بليز شِكَاك (١٦٢٣-١٦٦٢) بَيْتَكُرْ مَكِينَة حاسبة ميكانيكية.
١٨٠٥ جوزيف جَاكَاك (١٧٥٢-١٨٣٤) يصنع تُولَا أوتوماتياً تُضَبِّط أنماط نُقُوشه ببطاقات مُقَبَّبة. وقد أُسْتُخْدِم مثل هذه البطاقات في الحواسيب لاحقاً.
١٨٣٣ شارل باباج يصمم المَكِينَة التحليلية - أول حاسوب عام الأغراض قابل للبرمجة.
١٨٩٠ هيرمن هوللرث (١٨٦٠-١٩٢٩) يُسْتخدِم نظام البطاقات المُقَبَّبة، مُسرِّعاً إحصاء السُكَّان في الولايات المتحدة الأمريكية مئات المَرَّات.
١٩٤٦ المهندسون في الولايات المتحدة يصنعون أول حاسوب إلكتروني رَقمِي.
١٩٥١ فريق المهندسين ذاته يصنِّعون بَيْتَفَاك ١ - أول حاسوب يُصنَّع على نطاق واسع.
صورة صُغُرَة لِمَا دَارَة مُتَكَامِلَة

المِرْقَاب

المِرْقَاب أو وَحْدَة العَرَض المَرْتَبِي، هو عادة وحدة مُنفَصِلَة يَربُطها كَبْلٌ بالحاسوب. تُصمَّم مِرْقَاب الحواسيب بحيث تعطي صُورًا عالية النوعية - يُقرأ ما على الشاشة فيها دون إجهاد البَصَر. بعض الحواسيب على اتصال دائم بمِرْقَاب.

المِرْقَابَة التوفيرية

الحواسيب الرخيصة تحوي مُضَمَّنًا يُحوِّل إشارات الحاسوب إلى إشارات شبيهة بالإشارات التي تحملها البرامج التلفزيونية. وهذا يُمكن من مُوَافَقَة هذه الإشارات وعرضها على جهاز تلفزيوني عادي. غير أن نوعية الصورة لا تُضاهي تلك التي تُوفِّرها المِرْقَاب المصمَّم بالحواسيب؛ وقد تتعذَّر قراءة الكلمات عليها.

الخُرُج على الشاشة أو الطابعة

رُقَاقَة «ذاكرة الوصول العشوائي»

وَحْدَة المُعَالَجَة

المركزيّة

الإدخال عن طريق لوحة المفاتيح

رُقَاقَة «ذاكرة القراءة فقط»

وَحْدَة المُعَالَجَة المركزيّة

وَحْدَة المُعَالَجَة المركزيّة هي مَرَكَزُ عَمَلِيَّات الحاسوب؛ وتتألَّف من أعداد كبيرة من الدَّارَات الإلكترونية المُدمَّجَة في رُقَاقَة واحدة تُسمَّى المُعالِج الصُّغُرِي. تتلقَّى هذه الوَحْدَة المُعْطِيَّات من لَوْحَة المفاتيح ومن «ذاكرة القراءة فقط» كما من «ذاكرة الوصول العشوائي». ويُمكنها أيضًا إرسال البيانات أو المُعْطِيَّات لِلتخزين في «ذاكرة الوصول العشوائي»، وإرسال البيانات إلى المِرْقَاب (والى نَبَاطِط الخُرُج الأخرى).

لمزيد من المعلومات انظر

- العُلَمَاء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- المِغْنَطِيسِيَّة ص ١٥٤
- التلفزيون ص ١٦٦
- الدَّارَات المُتَكَامِلَة ص ١٧٠
- الحاسبات ص ١٧٢
- استخدام الحواسيب ص ١٧٥
- حقائق ومعلومات ص ٤١٠

ذاكرات الحاسوب

تُخزِن رُقَاقَات «ذاكرة القراءة فقط» المعلومات التي يحتاجها الحاسوب على الدوام؛ وتؤلَّف رُقَاقَات أخرى «ذاكرة الوصول العشوائي». «ذاكرة القراءة فقط» تُشبه الكتاب يُسْتَقِي منها الحاسوب المعلومات، ولا يُضَيَّف إليها شيئاً؛ فيما «ذاكرة الوصول العشوائي» تُشبه المُفَكَّرَة يُخزِن فيها الحاسوب معلومات يُسْتَطِيع أَسْتُخْدَامُهَا أو تَغْيِيرُهَا عند الحاجة؛ لكن هذه المعلومات تُفقد عند وَقْف الحاسوب. والأقراص أيضًا نَبَاطُ تَخزين؛ وتُستخدَم المَرْنَة منها في نقل المعلومات بين الحواسيب.

قُرْص صُلْب

الأقراص المَرْنَة، في أغلفتها اللدائنية الواقية، وكنائات الأقراص الصلبة يُمكن نَزْعُهَا من الحاسوب.

قُرْص مَرْن

كِنَانَة

رُقَاقَة

استخدام الحواسيب

الحواسيب البيئية، في معظمها، ذات برامج متعددة، فيمكن استخدامها بطرق مختلفة في الألعاب الحاسوبية مثلاً، أو في معالجة الكلمات. لكن الكثير من الحواسيب هي مكنات مكرسة تختص بعمل واحد فقط، وتختلف شكلاً عن سواها. فممكنة صرف النقد في المصارف مثلاً، تستخدم التقنية الحاسوبية لتدقيق حسابات الزبائن وتمكنهم من سحب النقود. والممكنة المصرفية هذه هي مطراف حاسوبي متصل بحاسوب المصرف المركزي حيث تختزن تفاصيل حسابات الزبائن.

وتستخدم الحواسيب المتخصصة أيضاً في التحكم بالعمليات الصناعية وأنظمة النقل، أو في محاكاة أوضاع الحياة الواقعية (كقيادة الطائرات مثلاً) لأغراض البحث والتدريب.

المحاكاة

يُدرَّب الطيارون ليصبحوا خبراء في قيادة الطائرات الحديثة المعقدة، حتى قبل أن يركبوا طائرة حقيقية. وذلك بفضل مركبة المحاكاة المتحكم بها حاسوبياً. فالحاسوب يجعل مركبة المحاكاة تستجيب لمختلف التأثيرات كما الطائرة الحقيقية، من تحريك وميل في مختلف الاتجاهات. وتعرض لوحات التحكم قراءات وأرقاماً واقعية لقياسات كالارتفاع والسرعة ومقدار الوقود المتبقي في كل خزان.



نوافذ «حقيقية»

تستخدم مخططات الرسوم الحاسوبية لخلق مناظر واقعية، في «نوافذ» جهاز محاكاة الطيران، تتغير تماماً كما تتغير المشاهد الحقيقية في طائرة سائرة. وهذا أمر بالغ الأهمية لإعطاء الطيار المتدرب واقعا حسيًا بما يشعر به قائد طائرة حقيقية.

الطيارون المتدربون يجلسون بكافة القوى والمشاعر كما لو أنهم في طائرة حقيقية لأن أجهزة التحكم في مقصورة القيادة تُشغل مكابس ضخمة تُميد بالمركبة كأي طائرة.

ذكاء الحواسيب

هل الحواسيب ذكية؟ بعض حواسيب الشطرنج تستطيع التغلب على معظم الناس لأن ذاكرتها الإلكترونية الشاسعة تسمح لها بحساب جميع التحركات المحتملة مسبقاً. والعلماء غير متفقين إن كان هذا ذكاء أم لا. والمشكلة الرئيسية هي عدم توافقيهم على ماهية الذكاء. والنقطة الجوهرية هي أن الحواسيب لا تفهم ما تقوم به!



يُختبَر تصميم السيارة هذا لمقاومة الهواء باستخدام حاسوب «كراي» الفائق.



التصميم

المعان حاسوبياً

طريقة لتصميم الأشياء باستخدام مخططات الرسم الحاسوبية؛ فتغذي المعلومات كاملة إلى الحاسوب الذي يعرض مخطط الشيء المطلوب على الشاشة. ثم يغذي الحاسوب بطرُوف تشغيل مختلفة لاختيار التصميم. فتتحدد بذلك أجزاء التصميم الركيكة، وتُجرى التحسينات عليها.

الواقع المُتوهم

وسيلة للانتقال إلى عالم موهوم يُخيِّله لك الحاسوب كواقع. فيخلق الحاسوب صوراً ثلاثية الأبعاد أمام عينيك وأصواتاً مجسمة في شبه خودة تتصل بوحدة يدوية. وكل حركة من حركات الوحدة اليدوية تُنقل مترجمة إلى مجموعة المنظار وسَماعة الرأس بحيث حين يُحرك الشخص ذراعه يبدو كأنه يلعب مباراة تنس على الشاشة. حتى إنه يسمع خبطة الكرة بالمضرب.



يَسْمَع اللاعب عبر خُودته الأصوات ويُشاهد ما قد يفعله فيما لو كان فعلاً يلعب التنس.

لمزيد من المعلومات انظر

- العلماء - كيف وماذا يعملون! ص ١٤
- الحواسيب ص ١٧٣
- الروبوتات ص ١٧٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩



ألان تورينغ

أسهم عالم الرياضيات البريطاني ألان تورينغ (١٩١٢-١٩٥٤) بشكل رئيسي في وضع النظريات المستخدمة في الحوسبة الحديثة. وقد ساعد في تطوير النماذج الإلكترونية والأفكار التي استخدمت في فك رموز الرسائل السرية الألمانية خلال الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩-١٩٤٥). وكان أول من أشار إلى إمكانيات «الذكاء» في الحواسيب.

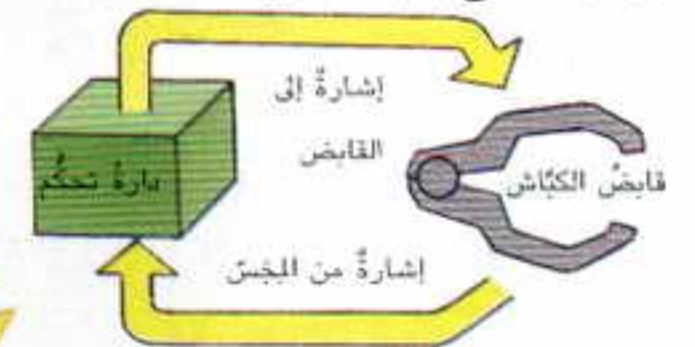
الرُّبُوطَات

مُعْظَمُ الرُّبُوطَات التي نَشَاهِدُهَا فِي الْأَفْلَامِ تُشَبِّهُ الْبَشَرَ إِلَى حَدٍّ - فَهِيَ تَمْشِي وَتَتَكَلَّمُ وَتُعَالِجُ مَا قَدْ يَعْتَرِضُهَا مِنْ مَشَاكِلَ . الْحَقِيقَةُ أَنَّ مُعْظَمَ الرُّبُوطَات لَا تُشَبِّهُنَا، وَأَكْثَرُهَا يَتَوَاجَدُ فِي الْمَصَانِعِ . وَرُبُوطُ الْمَصَانِعِ فِي الْغَالِبِ أَحَادِي الذَّرَاعِ عَدِيمُ الرَّجْلَيْنِ، وَبِتَوَلَّى مُهِمَّةً وَاحِدَةً فَقَطْ . تَتَحَكَّمُ الْحَوَاسِبُ فِي رُبُوطَاتِ الصَّنَاعَةِ عَبْرَ التَّعْلِيمَاتِ الْمُخْتَزَنَةِ فِي ذَاكِرَتِهَا الْإِلِكْتَرُونِيَّةِ . وَلَعَلَّ السَّبِيلَ الْأَفْضَلَ لِتَسْجِيلِ الْحَرَكَاتِ وَالتَّعْلِيمَاتِ الْمَطْلُوبَةِ لِلشُّغْلَةِ إِيكَالُ عَامِلٍ بَشَرِيٍّ مَاهِرٍ بِأَدَاءِ الْمُهُمَّةِ أَوَّلًا . فَيُخْتَزَنُ مَا يَقُومُ بِهِ الْعَامِلُ مِنْ حَرَكَاتٍ كإِشَارَاتٍ إِلِكْتَرُونِيَّةٍ يَعْمَلُ الْحَاسُوبُ عَلَى جَعْلِ الرُّبُوطِ يُحَاكِهَا بِدَقَّةٍ . وَالرُّبُوطَاتُ الْمَخْتَلِفَةُ تُوَدِّي مَهَامَّ مُخْتَلِفَةً كَنَقْلِ البَضَائِعِ وَاللَّحَامِ وَاسْتِكْشَافِ الْكَوَاكِبِ .



الرُّبُوطُ فِي الْحِكَايَاتِ

فِي فِيلْمِ «حَرْبِ النُّجُومِ» الرُّبُوطَاتُ تُشَبِّهُ الْبَشَرَ نَوْعًا . فَاحْذَرُهَا (سِي ٣٧ بي أو) يَسْتَطِيعُ التَّوَاصُلُ بِثَلَاثَةِ مَلَايِينِ طَرِيقَةٍ مُخْتَلِفَةٍ، وَالرُّبُوطُ «آر ٢ دي ٢» يُجِيدُ تَصْلِيحَ الشُّقْنِ الْفَضَائِيَّةِ . وَالرُّبُوطَاتُ الْحَقِيقِيَّةُ لَيْسَتْ طَبْعًا عَلَى هَذَا الْقَدْرِ مِنْ تَعَدُّدِ الْمَهَارَاتِ؛ لَكِنَّ مِنْهَا، حَالِيًا، مَا يُمَكِّنُهُ الْقِيَامُ بِالتَّرْجُمَاتِ الْبَسِيطَةِ، وَأَخْرَ تَسْتَطِيعُ إِجْرَاءَ بَعْضِ التَّصْلِيحَاتِ الْمُحَدَّدَةِ .



التَّغْذِيَةُ الْمُرتَدَّةُ

الْأَجْسَامُ السَّهْلَةُ التَّحْطُّمُ قَدْ تَسَحَّفَتْهَا قَوَابِضُ كَبَاشِ الرُّبُوطِ عِنْدَ الَّتِيقَاطِهَا؛ فَيَعْمَلُ مِجَسًّا الضَّغْطِ، عَبْرَ إِشَارَةٍ مُرتَدَّةٍ إِلَى دَاوِرَةِ التَّحْكُمِ، عَلَى تَحْدِيدِ مِقْدَارِ الشَّدِّ اللَّازِمِ لِلْقُبْضِ الْوَاطِئِ وَوَقْفِ أَيِّ تَصَاعُدٍ فِي الضَّغْطِ الْمُسَلِّطِ عَلَيْهَا .

لَعَلَّ عَرَبَةَ الْهُبُوطِ فَايَكِنَغْ هِيَ أَكْثَرُ الرُّبُوطَاتِ الَّتِي أُرْسِلَتْ إِلَى الْفَضَاءِ تَعْقِيدًا .

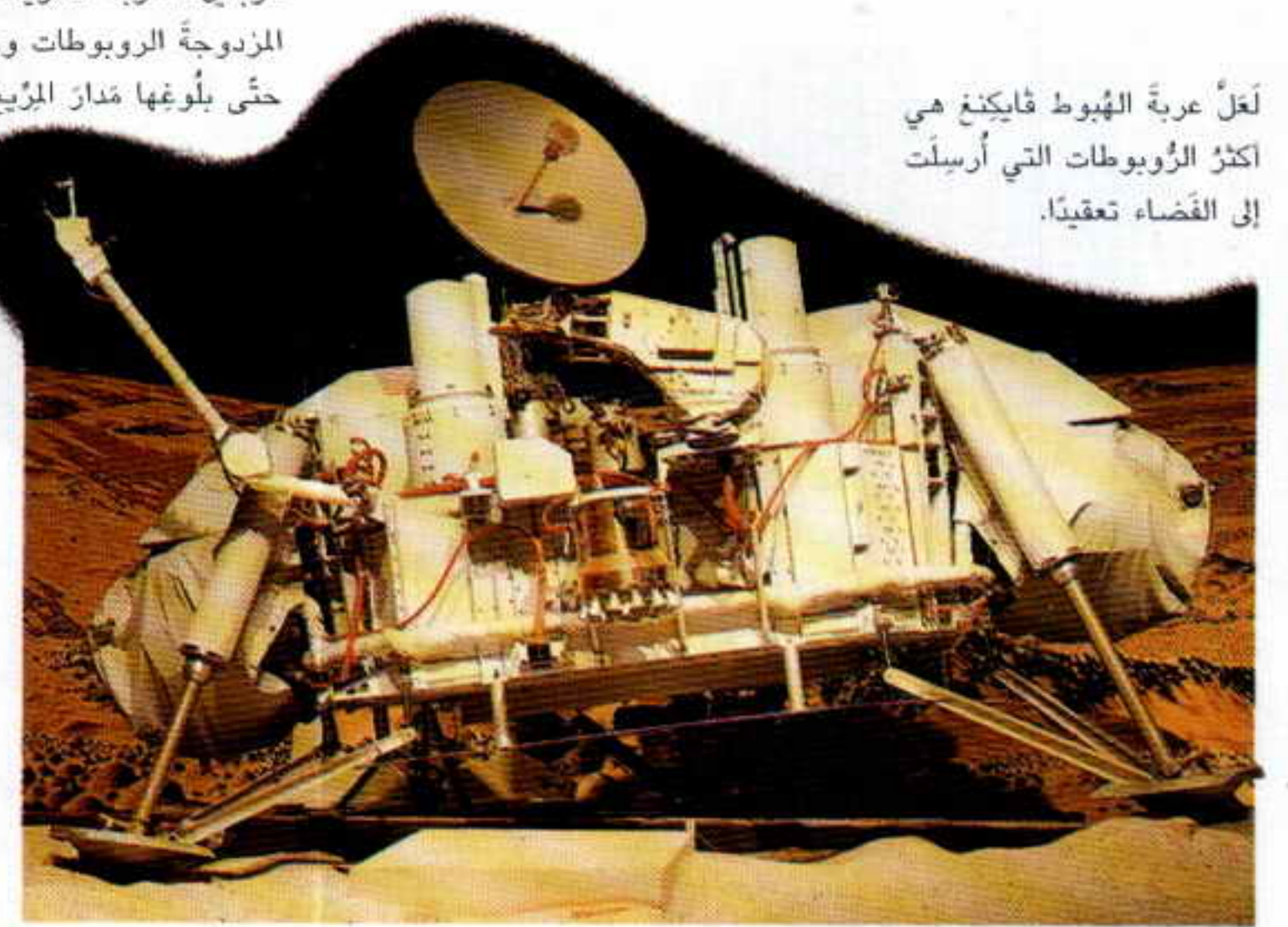
ضوء كشاف

زناجير تمكّن من الحركة فوق أرض وعرة.

تألّف مشروع فايكنغ إلى كوكب المريخ من عربتين. العربّة المداريّة حملت عربّة الهبوط المزودة بالروبوتات وحفظتها حتى بلوغها مدار المريخ.

بعثة إلى المريخ

خَطَّتْ عَلَى سَطْحِ الْمَرِيخِ عَامَ ١٩٧٦ عَرَبَةُ فَايَكِنَغِ الْمُرَدَّجَةُ الرُّبُوطَاتُ فِي نِطَاقِ تَقْصِي الْعُلَمَاءِ لِتَوَاجُدِ الْحَيَاةِ فِي الْمَرِيخِ . الرُّبُوطَاتُ عَرَفَا التُّرَابَ وَأَجْرَبَا أَخْتِيَارَاتٍ لِلْكَشْفِ عَنْ وُجُودِ مُعْضَيَاتٍ حَيَّةٍ فِيهِ، مُسْتَخْدِمِينَ مُخْتَبَرًا بِيُولُوجِيًّا أَعَدَّ خَصِيصًا لِهَذَا الْغَرَضِ؛ وَكَانَتْ النَّتَاجُ سَلْبِيَّةً . لَكِنَّ رُبَّمَا تُوجَدُ حَيَاةٌ فِي مَوْقِعٍ آخَرَ مِنْ هَذَا الْكُوكَبِ الْأَحْمَرِ، وَلَعَلَّهَا تَكُونُ بِأَشْكَالٍ مُخْتَلِفَةٍ عَمَّا نَعْرِفُهُ - فَرُبُوطَا الْفَايَكِنَغِ تَقْصِي فَقَطْ الْحَيَاةَ الْعُضْوِيَّةَ الْكِيمِيَاءَ، كَمَا نَعْرِفُهَا عَلَى الْأَرْضِ!



التَّخْلُصُ مِنَ الْقَنَابِلِ

يَسْتَطِيعُ خَبْرَاءُ التَّخْلُصِ مِنَ الْقَنَابِلِ فَخْصَ الْأَشْيَاءِ الْمَشْبُوهَةِ بِأَمَانٍ، بِفَضْلِ هَذَا الرُّبُوطِ الْمُتَحَرِّكِ . فَكَامِيرَاتُ التَّلْفِزَةِ الْمُقْفَلَةُ الدَّارَةُ تُرْسِلُ إِلَيْهِمْ، وَهُمْ عَلَى بُعْدٍ مَأمُونٍ، صُورًا شُعَاعِيَّةً لِلْأَجْسَامِ الْمُشْتَبِهَةِ بِهَا وَمُحْتَوَيَاتِهَا . وَالرُّبُوطُ مُجَهَّزٌ بِأَنْوَارٍ كَشَافَةٍ لِلْحَصُولِ عَلَى صُورٍ وَاضِحَةٍ لَيْلًا . وَيُسْتَخْدَمُ الْكَبَاشُ الْبُعَادِي التَّحْكُمِ، فِي طَرَفِ الذَّرَاعِ الْمَذَادِ، لِاتِّقَاطِ الْأَجْسَامِ الْمُشْتَبِهَةِ بِهَا وَإِعَادِهَا .

هوائي الاتصال مع خبير القنابل



الروبوتات الصناعية

يَقُومُ الرُّبُوطُ هُنَا بِلِحَامِ الْأَجْزَاءِ الْمَعْدِنِيَّةِ فِي مَصْنَعٍ لِلْسَيَّارَاتِ؛ فِي حِينٍ يَقُومُ غَيْرُهُ بِرَشِّ هِيََاكِلِ السَيَّارَاتِ بِالذَّهَانِ . فَالرُّبُوطَاتُ لَا تَضِيقُ دَرْعًا بِأَدَاءِ الْوُظُفَةِ نَفْسِهَا يَوْمِيًّا، كَمَا الْبَشَرُ . وَهِيَ تَسْتَطِيعُ مُوَاصَلَةَ الْعَمَلِ دُونَ كَلَلٍ أَوْ تَوَقُّفٍ لِفَتَرَاتٍ أَطُولَ .

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الحواسيب ص ١٧٣
- المريخ ص ٢٨٩
- السواير الفضائية ص ٣٠١

الصَّوْتُ والضَّوُّ

الصَّوْتُ والضَّوُّ مُتَمَاثِلَانِ فِي بَعْضِ خَوَاصِّهِمَا وَمُخْتَلِفَانِ فِي خَوَاصِّ أُخْرَى. فَالْأَصْوَاتُ الَّتِي نَسْمَعُهَا وَالْمَشَاهِدُ الَّتِي نَرَاهَا تَصِلُنَا كطَاقَةٍ صَوْتِيَّةٍ أَوْ ضَوْئِيَّةٍ عَلَى شَكْلِ تَمَوُّجَاتٍ تَخْتَلِفُ نَوْعًا وَتَرَدُّدًا. طَاقَةُ الضَّوِّ مِنَ الشَّمْسِ تُدْفِئُ الْأَرْضَ وَتُسَمِّرُ بَيَاضَ الْجِلْدِ وَتَنْمِي الزَّرْعَ. وَطَاقَةُ الصَّوْتِ تُدْبِذُ الْأَشْيَاءَ بِرِقَّةِ النِّغَمِ أَوْ تَهْزُهَا بِعُنْفٍ قَدْ يُحَطِّمُ زُجَاجَ الْمَبَانِي فِي دَوِيٍّ أَخْتَرَقَ نَفَاثَةً جِدَارَ الصَّوْتِ! لَكِنَّ الصَّوْتَ لَا يَنْتَقِلُ إِلَّا فِي الْمَادَّةِ، غَازِيَّةٍ أَوْ سَائِلَةٍ أَوْ جَامِدَةٍ، فِي حِينٍ يَنْتَقِلُ الضَّوُّ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ كَمَا فِي الْفَرَاغِ - فَنَحْنُ نَرَى النُّجُومَ السَّحِيقَةَ الْبُعْدَ بِالنُّورِ الصَّادِرِ مِنْهَا قَبْلَ آلَافِ السِّنِينَ.

الصُّورُ الصَّوْتِيَّةُ

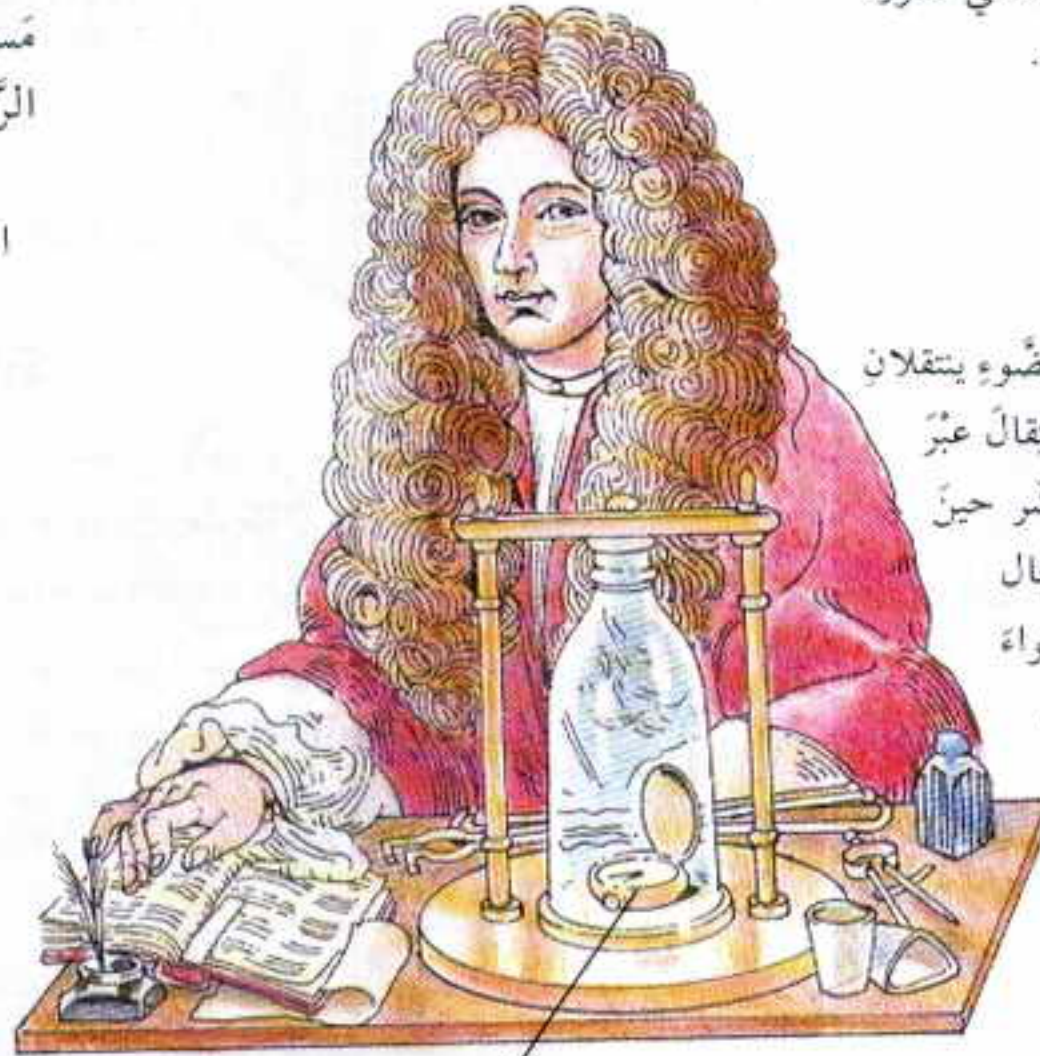
تَجْمَعُ الْكَامِيرَاتُ الضَّوِّ لِيَكُونُ صُورًا عَلَى الْفِيلْمِ أَوْ عَلَى شَاشَةِ التِّلْفِزِيُونِ؛ وَالصَّوْتُ قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِ الصُّورِ أَيْضًا. هُنَا مَثَلًا صُورَةٌ لِجَنِينٍ، فِي رَجَمِ أُمِّهِ، بِالْأَصْدَاءِ الصَّوْتِيَّةِ. هَذِهِ الْأَصْدَاءُ الصَّوْتِيَّةُ تُحْدِثُهَا الْأَمْوَاجُ فَوْقَ السَّمْعِيَّةِ الْعَالِيَةِ التَّرَدُّدِ جَدًّا أثنَاءَ عُبُورِهَا جَسَدَ الْأُمِّ. فَتُسَجَّلُ الْأَصْدَاءُ حَاسُوبِيًّا لِتَعْطِيَ صُورَةً لِلظُّفْلِ قَبْلَ أَنْ يُوَلَّدَ.



تَلَوُّنُ الصُّورَةِ اصْطِنَاعِيًّا.

الناقوسُ الصَّامِتُ

كَانَ الْفِيلَسُوفُ الْإِغْرِيقِيُّ الشَّهِيرُ، أَرِسْطُو، يَعْتَقِدُ أَنَّ كِلَا الصَّوْتِ وَالضَّوِّ يَنْتَقِلَانِ عَبْرَ الْهَوَاءِ كَمَا الْأَمْوَاجُ فِي الْبَحْرِ؛ وَأَنَّهُمَا بَالْتَأَلِيٍّ لَا يَسْتَطِيعَانِ الْإِنْتِقَالَ عَبْرَ الْفَرَاغِ. وَلَمْ يَكُنْ اخْتِيَارُ نَظَرِيَّةِ أَرِسْطُو مُمَكِّنًا قَبْلَ الْقَرْنِ السَّامِعِ عَشَرَ حِينَ تَمَكَّنَ الْعُلَمَاءُ مِنْ إِحْدَاثِ فَرَاغٍ كَامِلٍ. وَالتَّجَرِبَةُ الْأَشْهَرُ فِي هَذَا الْمَجَالِ أَجْرَاهَا الْعَالِمُ الْإِيرْلَنْدِيُّ، رُوبَرْتُ بُوِيل، عَامَ ١٦٥٨. فَقَدْ ضَخَّ الْهَوَاءَ بِبُطْءٍ مِنَ نَاقُوسٍ زُجَاجِيٍّ يَحْوِي سَاعَةً تَكَاكَةً؛ وَلاَحَظَ اخْتِفَاءَ صَوْتِ تَكَاةِ السَّاعَةِ تَدْرِيجِيًّا، ثُمَّ تَمَامًا عِنْدَمَا أَفْرَغَ النَّاقُوسَ مِنَ الْهَوَاءِ. فَاسْتَجَبَ بُوِيلُ أَنَّ الصَّوْتَ يَنْتَقِلُ بِالْهَوَاءِ إِلَى آذَانِنَا؛ وَأَنَّ مَا نَتَوَقَّعُهُ أَرِسْطُو صَحِيحٌ بِالنِّسْبَةِ لِلصَّوْتِ.



رُوبَرْتُ بُوِيلُ

صَوْتُ تَكَاةِ السَّاعَةِ خَفَّتْ تَدْرِيجِيًّا حَتَّى انْقَطَعَ أَثْنَاءَ ضَخِّ الْهَوَاءِ خَارِجَ النَّاقُوسِ.

تَتَأَلَّفُ حُصْلَةُ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ هَذِهِ مِنْ ٢٠٠٠ لَيْفَةٍ.

الانِّصَالَاتُ

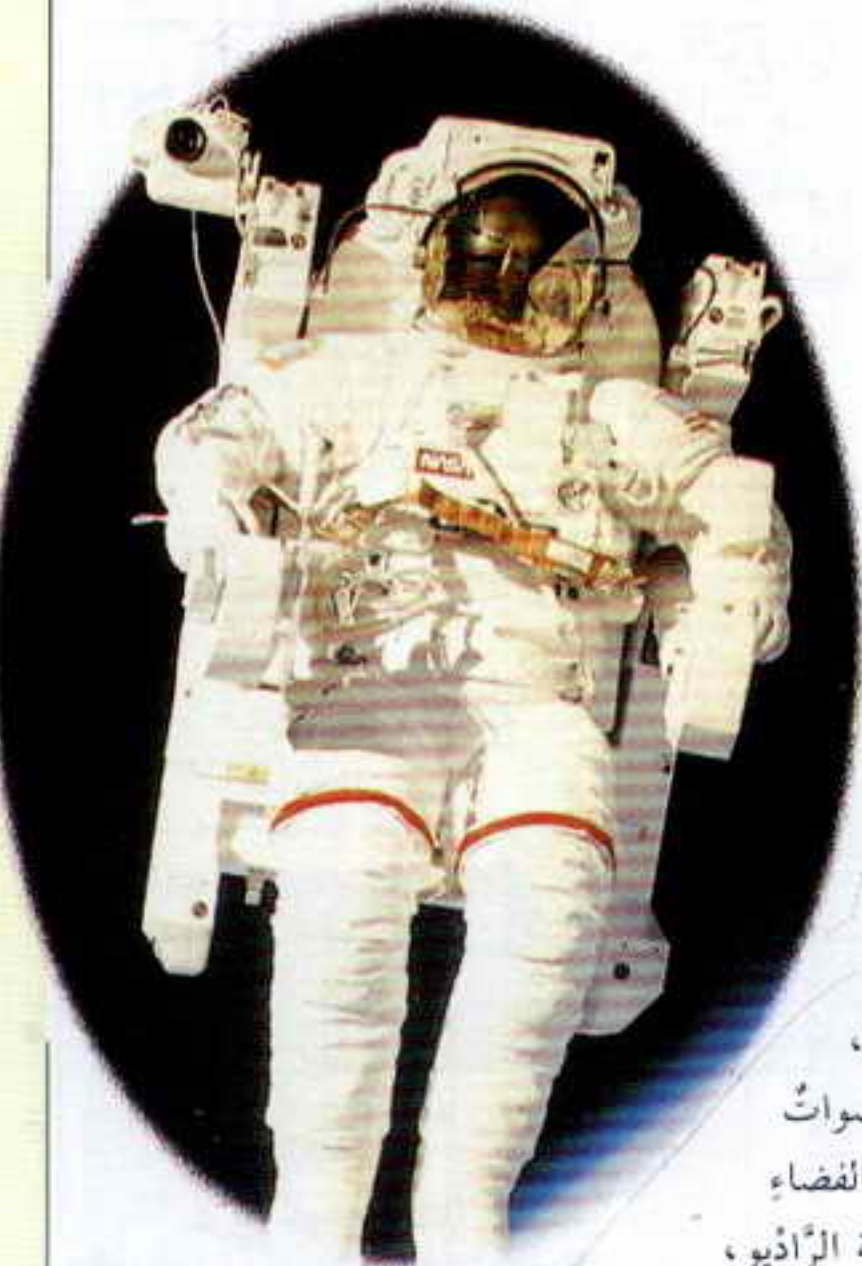
الصَّوْتُ والضَّوُّ كِلَاهُمَا وَسِيلَةٌ تَوَاصُلٍ؛ فَبِأَصْوَاتِنَا نَتَحَادَّثُ، وَبِالضَّوِّ يَرَى وَاجِدُنَا الْآخَرَ. وَالْأَنْظِمَةُ التِّلْفُوزِيَّةُ تَحَوِّلُ الْأَصْوَاتَ إِلَى إِشَارَاتٍ كَهْرَبَايَّةٍ تَنْتَقِلُ سَيْلَكِيًّا أَوْ لَا سَيْلَكِيًّا عَبْرَ السَّوَاتِلِ إِلَى جَمِيعِ أَنْحَاءِ الْعَالَمِ. وَتُسْتَخْدَمُ شَبَكَاتُ الْإِنْتِصَالِ الْحَدِيثَةُ الْأَلْيَافُ الْبَصَرِيَّةُ لِتَنْقُلَ الْمَعْلُومَاتُ؛ فَتَحْمِلُ النَّبْضَاتُ الضَّوْئِيَّةُ الْمُكَالِمَاتِ التِّلْفُوزِيَّةَ وَالصُّورَ التِّلْفُوزِيَّةَ وَالْبَيَانَاتِ الْحَاسُوبِيَّةَ فِي كُبُولٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الزُّجَاجِيَّةِ الدَّقِيقَةِ.



الرَّعْدُ وَالْبَرْقُ

ضَرْبَةُ الصَّاعِقَةِ تُطْلِقُ كَمِّيَّاتٍ

ضَخْمَةً مِنَ الطَّاقَةِ الضَّوْئِيَّةِ وَالصَّوْتِيَّةِ بِحَيْثُ يُمَكِّنُ سَمَاعُ هَزِيمِهَا وَرُؤْيُهَا وَمِيزُهَا مِنْ مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. وَنَحْنُ نَرَى الْبَرْقَ قَبْلَ سَمَاعِ الرَّعْدِ لِأَنَّ الضَّوِّ أَسْرَعُ مِنَ الصَّوْتِ بِحَوَالِي مِيلْيُونِ مَرَّةٍ - فَنَشَاهِدُ الْبَرْقَ بَعْدَ بَضْعَةِ أَجْزَاءٍ مِنَ الْمِيلْيُونِ مِنَ الثَّانِيَةِ عَلَى حُدُوثِهِ، لَكِنَّ قَدْ لَا نَسْمَعُ الرَّعْدَ إِلَّا بَعْدَ بَضْعِ ثَوَانٍ - عَلِمًا أَنَّهُمَا مُتْرَاكِمَا الْحُدُوثِ.



الفَضَاءُ الصَّامِتُ

لَيْسَ فِي الْفَضَاءِ هَوَاءٌ، وَبِالتَّالِيِ فَلَا تُسْمَعُ أَصْوَاتٌ فِيهِ. لَذا يَتَّصِلُ رُؤَاةُ الْفَضَاءِ بَعْضُهُمْ بِبَعْضٍ بِوَسْطَةِ الرَّادِيُو، لِأَنَّ الْأَمْوَاجَ الرَّادِيَوِيَّةَ، بِخِلَافِ أَمْوَاجِ الصَّوْتِ، تَسْتَطِيعُ الْإِنْتِقَالَ فِي الْفَرَاغِ. وَالرُّؤَاةُ يَرَوْنَ بَعْضَهُمْ بَعْضًا فِي الْفَضَاءِ لِأَنَّ الضَّوِّ، كَالْأَمْوَاجِ الرَّادِيَوِيَّةِ، يَنْتَقِلُ عَبْرَ الْفَرَاغِ.

الصَّوت

نحن نعيش في عالمٍ يَعِجُّ بالأصوات؛ بعضها يحدثُ طبيعيًا - كَقَصْفِ الرَّعدِ، وزمجرة أمواج البحر المتكسرة على الشواطئ، وهزيم الرياح؛ وبعضها الآخر يُنتجُ لهدفٍ مُعيَّن - كزققة العصفير لاجتذاب الولف، وصرير الخفافيش لتحديد موقع الفريسة، وكلام الناس للتواصل فيما بينهم. بعض الأصوات لا يعدو كونه ضجيجًا مُزعجًا يلوث البيئة: كضجيج حركة المرور، وهدير الطائرات، وجلبة مكينات المصانع. الأصوات على اختلافها سببها الاهتزاز أو الذبذبة - أي الحركة السريعة لجسيمات المادة يرتطم بعضها ببعض ناقلًا الطاقة كنض أو موجة متحركة. يُمكنك تحسُّس الذبذبات الصوتية بوضع أطراف أصابعك على حلقك أثناء التكلُّم، أو لمس جرس الدراجة برفق وهو يرنُّ.



الذبذبات

يتذبذب قرص الناقوس عند قرعه - فيهتز بسرعة إقبالًا وإدبارًا دافعًا جزيئات الهواء حواله جيئةً وذهابًا، جاعلاً ضغط الهواء يعلو ويهبط. وتنتقل تغيرات الضغط هذه بتصادمات جزيئات الهواء ناقلًا التموجات الصوتية بعيدًا عن الجرس كنضاعات حيث يتزايد ضغط الهواء وتخلخلات حيث ينخفض.

حرك طرف النابض إلى أعلى وإلى أسفل لإرسال موجة مُستعرضة عليه.

نضاعط

تخلخل

اتجاه الموجة

شد طرف النابض نحو الداخل والخارج لإرسال موجة طولية على امتداده.

أمواج الطاقة

عندما ترمي حجرًا في الماء، تنتشر الأمواج من مركز مغاصه متحركة عبر السطح مع ذبذبة جزيئات الماء صعودًا وهبوطًا مُعامدةً مع اتجاه مسار الموجة. ويُعرف هذا النوع من الأمواج بالأمواج المُستعرضة. لكن عندما تنتقل موجة صوتية عبر الهواء، فإن جزيئات الهواء تتذبذب جيئةً وذهابًا باتجاه مسار الصوت؛ وهذا النوع من الأمواج يُعرف بالأمواج الطولية. ويُمكنك إرسال كلا نوعي الأمواج هذين على نابض لولبي.



الأمواج المُستعرضة

موج الماء مثل جيد على الأمواج المُستعرضة. تصوّر العامة فوق الماء جزيئا منه. فعند مرور موجة مائية حاملة للطاقة، تتذبذب جزيئات الماء صعودًا وهبوطًا معها، كما العامة الجزيئات ذاتها لا تنتقل مع الموجة - بل تتحرك فقط صعودًا وهبوطًا في الموقع نفسه.



تهبط العامة بعد مرور موجة الطاقة.



الأصوات المائية

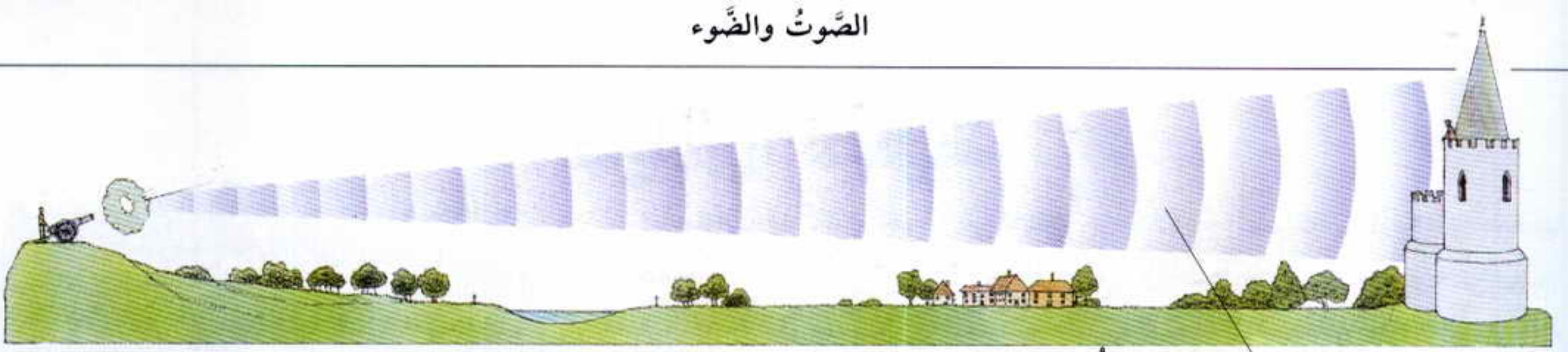
في الماء ينتقل الصوت بسرعة أكبر، ويفقد طاقته بسرعة أقل منها في الهواء؛ لذا تنتقل الأصوات تحت الماء مسافات أطول قبل أن تخبو. تستخدم الحيتان، كما الدلافين، الأصوات للاتصال فيما بينها ولتحديد اتجاهاتها تحت الماء. وبعض الحيتان «يغني ألحانًا» تصل إلى مئات الكيلومترات عبر المحيطات.

الأمواج الزلزالية

تولد الزلازل والانفجارات أمواجًا زلزالية - هي في الواقع أمواج صوتية تنتقل عبر الأرض؛ وتسجل اهتزازات هذه الأمواج بواسطة الزلازل (السيزموغراف). ومن دراسة هذه الأمواج، يستطيع أخصائيو الزلازل معرفة مركز الزلزلة وشديتها، كما يُمكنهم بواسطتها جمع المعلومات عن باطن الأرض.



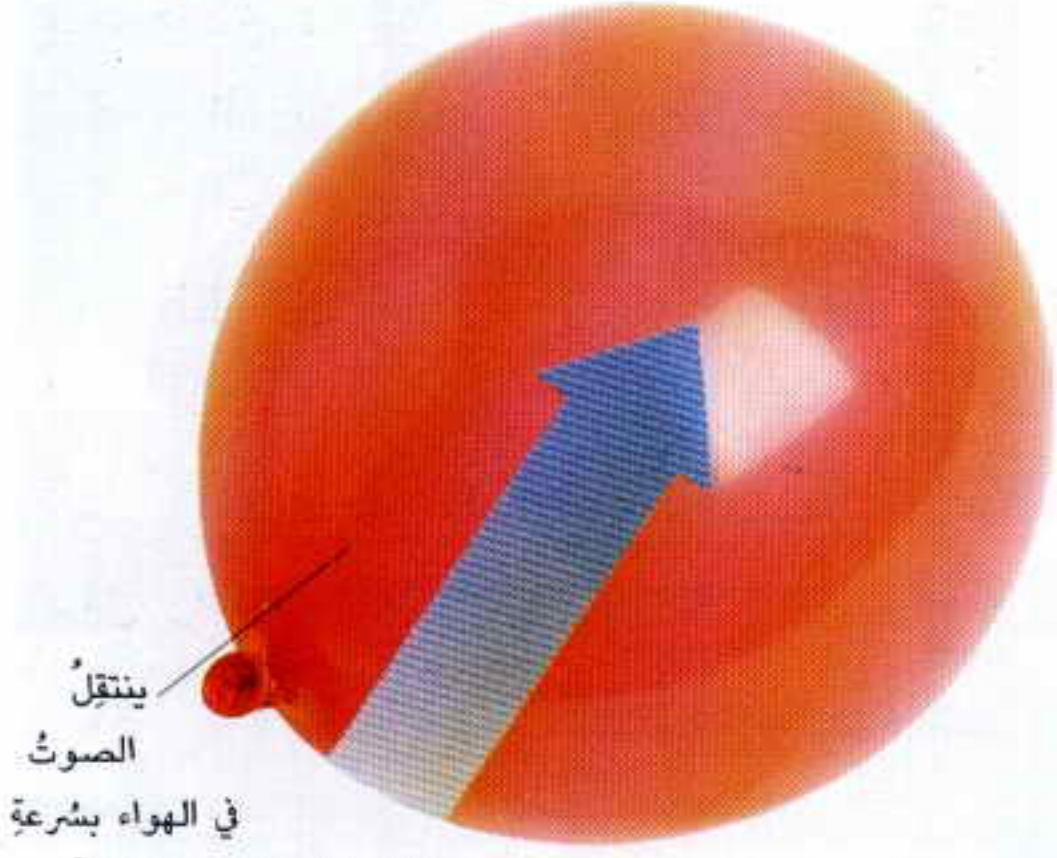
رسم الذبذبات (الاهتزازات) الناتجة عن الزلازل، أو الانفجار، على سجل مقياس الزلزلة (المرجاف أو السيزمومتر).



سُرْعَةُ الصَّوْتُ

كان وليم درهام (١٦٥٧-١٧٣٥) أحد أول الذين حدّدوا سُرْعَةَ الصَّوْتُ بِدَقَّةٍ. ففي عام ١٧٠٨، وقف في مكانٍ مُشْرِفٍ في إقليم إسكس بإنجلترا يُراقِبُ إطلاقَ مِدْفَعٍ يبعدُ عنه ١٩ كيلومترًا. ثمّ قاسَ الفترةَ الزمنيةَ الفاصِلةَ بين وميضِ الطلقة ودويها. ولكي يلغي تأثيرَ تغيّرات اتجاه الرّيح اعتمدَ مُعدِّلَ عدّة تجارب، فكانت نتيجتُه قريبةً من القيمة المُعتمَدة حاليًا لسُرْعَةِ الصوت وهي ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

تتغيّر سُرْعَةُ الصوت في الهواء بتغيّر درجة الحرارة؛ فهي ٣٣١ م/ث في درجة الصفر سيلسيوس (سنتيغراد) و ٣٥٤ م/ث على درجة ٤٠° س.



ينتقل الصوت في الهواء بسرعة ٣٤٣ م/ث على درجة ٢٠° س.

سُرْعَاتُ الصَّوْتُ الْمُخْتَلِفَةِ

ينتقل الصَّوْتُ في الجوامد والسوائل بسرعة أكبر منها في الغازات. فالجوامد والسوائل أجسام من الغازات لأن جزيئاتها أكثر تلاحًا فيما بينها. وهي ترتدّ لتستعيد شكلها بسرعة بعد الانضغاط، فتُمرّ النبضات الصوتية بسرعة أكبر. ينتقل الصوت في الماء بسرعة تعادل خمسة أضعاف سرعته في الهواء تقريبًا، وفي الفولاذ بسرعة تعادل حوالي ٢٠ ضعفًا.



ينتقل الصوت في الماء بسرعة ١٥٠٠ م/ث.



الاتصالات بالدق

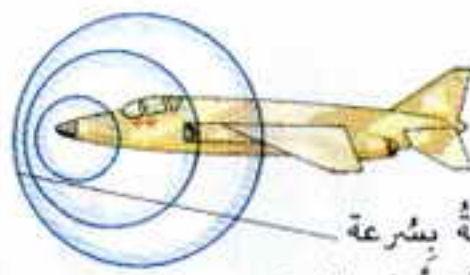
العمّال الذين شقّوا النّفق تحت القنال الإنكليزيّ لربط المملكة المتحدة بأوروبا كانوا يتواصلون بالدق على الأنابيب المعدنية - فالصوت يقطع مسافات أبعد، وينتقل بسرعة أكبر، في المعادن منها في الهواء.



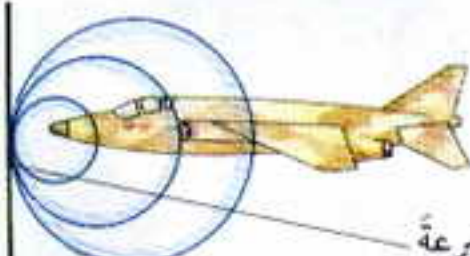
ينتقل الصوت في الفولاذ بسرعة ٦٠٠٠ م/ث.

الأمواج الصّدمية

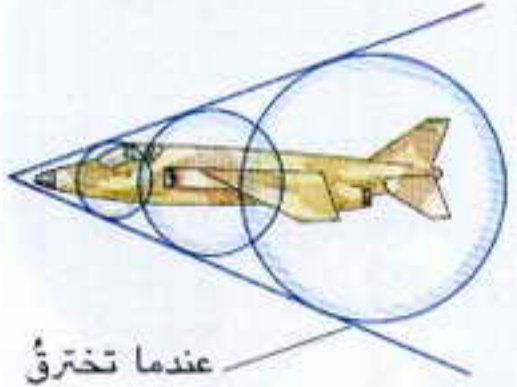
تسير الثّقانات فوق الصوتية بسرعة تفوق سرعة الصوت، لذا لا يُمكنك سَماعها وهي قادمة نحوك - لأنها تتجاوزك قبل وصول صوتها إليك. لكنّ صوتها اللاحق يصل فجأة كموجة صدمية تُحدث ما يُسمّى دويّ أخيراق جدار الصوت.



عندما تطير النفاثة بسرعة دون الصوتية، تنتشر أمواجها الصوتية أمامها، فيمكنك سماعها وهي قادمة نحوك.



عندما تبلغ سرعة الطائرة سرعة الصوت، تتراكم أمواجها الصوتية المندفعة أمامها مكونة موجة صدمية كبيرة.



عندما تخترق الطائرة جدار الصوت تُخلّف وراءها موجة صدمية تُحدث دويًا هائلًا.



فرّقة السّوط

قد تكون فرّقة السّوط ناتجة عن تحرك طرفه بسرعة تفوق سرعة الصوت - مُولّدًا بذلك موجة صدمية.

إرنست ماخ

وصف الفيزيائي النمساوي، إرنست ماخ (١٨٣٨-١٩١٦) تكوّن الأمواج الصدمية أكثر من خمسين عامًا قبل تحقيق الطيران بسرعة فوق صوتية. وإكرامًا له تُستخدم الأرقام الماخية اليوم لتقدير سرعة الطائرات على أساس سرعة الصوت. فالطائرة السائرة بسرعة الصوت سرعتها ماخ واحد (١ ماخ)؛ وسرعة ٢ ماخ تعادل ضعف سرعة الصوت. طائرات الركاب جميعها، عدا الكونكورد، تطير بسرعة دون الصوتية (أي أقل من ماخ واحد)؛ أمّا الكونكورد فهي فوق صوتية إذ تطير بسرعة ٢ ماخ.



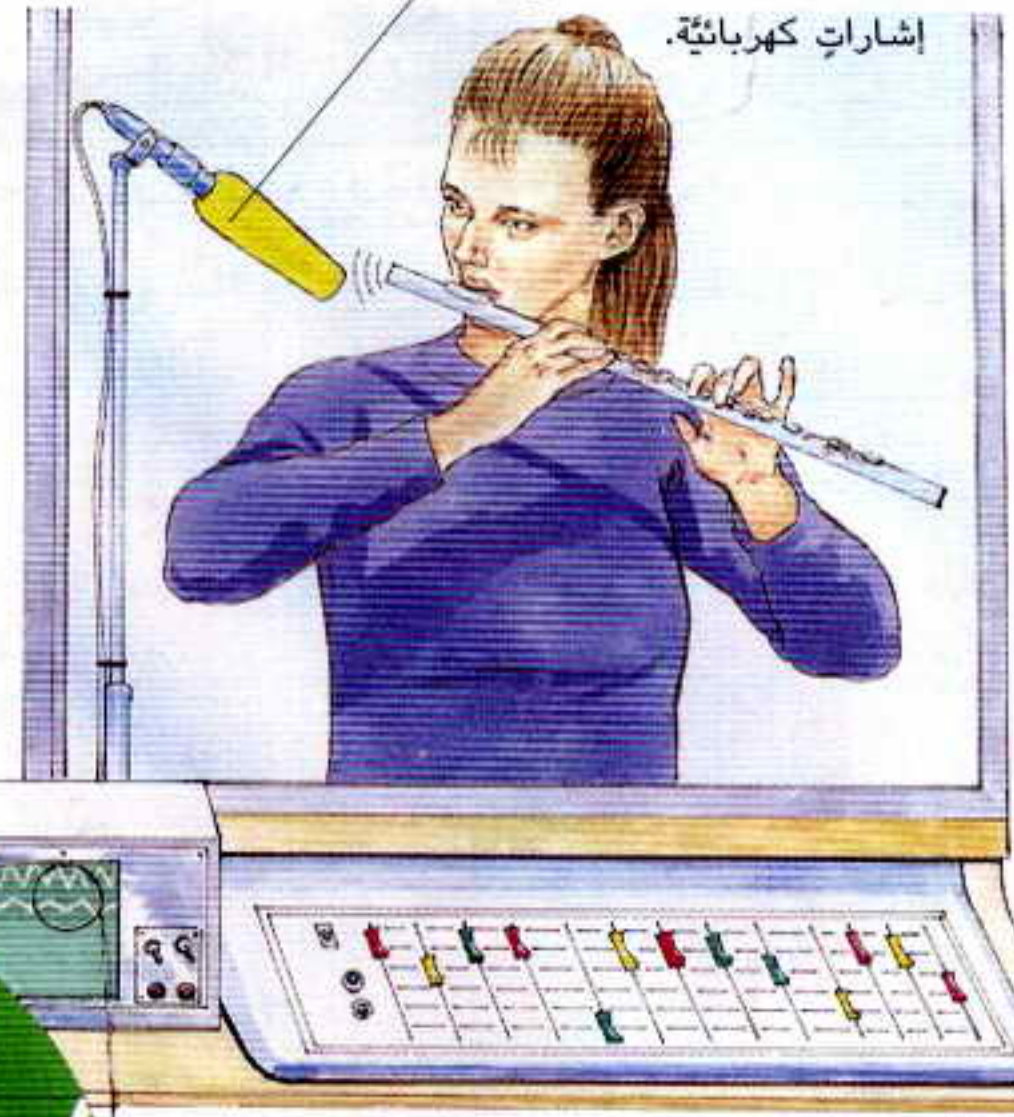
لمزيد من المعلومات انظر

- حالات المادة ص ١٨
- خصائص المادة ص ٢٢
- التّرابط الكيماوي ص ٢٨
- الاهتزازات ص ١٢٦
- الهزّات الأرضية (الزلازل) ص ٢٢٠

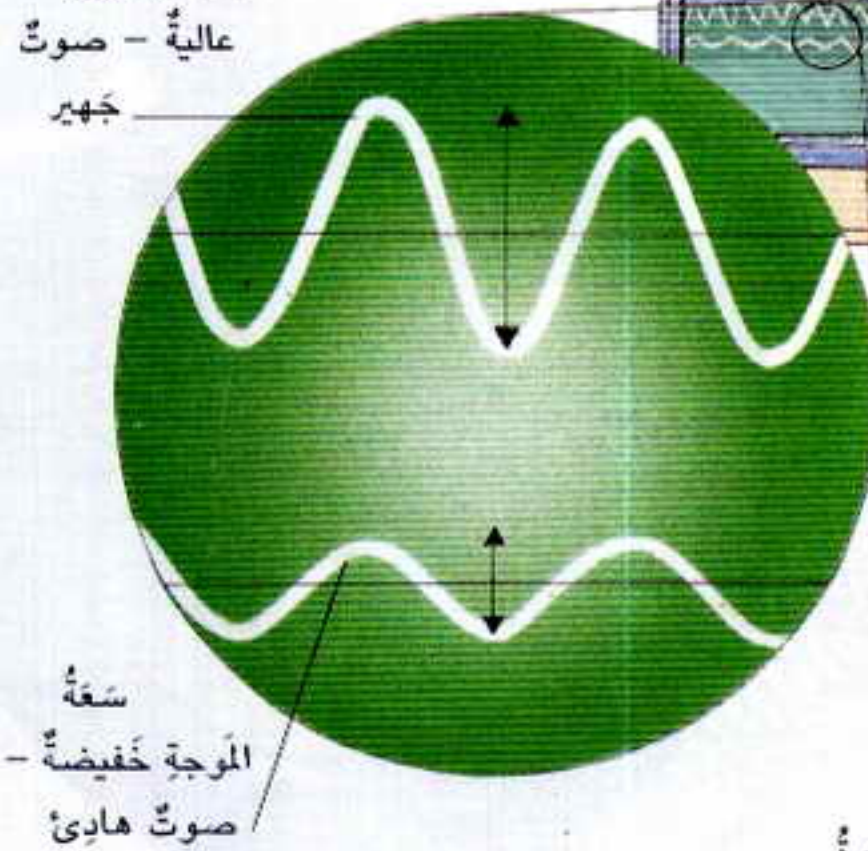
قِيَّاسُ الصَّوْتِ

الأصواتُ قد تُكونُ جَهِيرَةً أو هَادِئَةً، عاليةً دَرَجَةَ النِّعَمِ كالصفَّارة، أو خَفِيفَتِهَا كُمُحَرِّكِ السَّيَّارَةِ. بعضُ الأصواتِ مُمتِعٌ، وبعضُها الآخرُ مُزعِجٌ أو حتَّى مُؤْلِمٌ. فما الذي يجعلُ صوتًا ما يَخْتَلِفُ عن آخَرَ؟ واضِحٌ أنَّ السُّرْعَةَ لا عَلاقَةَ لَهَا بِذَلِكَ، فَكُلُّ الأصواتِ تَتَنَقَّلُ بِالسُّرْعَةِ ذاتِها، وإِلَّا لَكَانَتِ أصواتُ آلاَتِ الجَوْقَةِ الموسيقيَّةِ تَصِلُ إلى آذانِنا صَوْتًا بَعْدَ الآخرِ مُخَبَّصَةً مُشَوَّشَةً. الجوابُ هو أنَّ الأصواتِ المُخْتَلِفَةَ متبايئةً شَكْلُ الأمواجِ. فَسَعَةُ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ هي التي تجعلُ الصوتَ هَادِئًا أو جَهِيرًا؛ كما إنَّ تَرَدُّدَ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ هو الذي يتحكَّمُ في عُلُوِّ دَرَجَةِ النِّعَمِ (أي طبقةِ الصوتِ) أو أنخفاضِها. أما الطولُ المَوْجِيّ - وهو المسافةُ بين تَضَاعُطَيْنِ مَوْجِيَّيْنِ (ذُرُوتَيْنِ) - فعلاقتهُ مُباشِرَةٌ الإِرتباطُ بِالتَرَدُّدِ بِنسبَةٍ عَكْسِيَّةٍ.

الميكروفونُ، المُوصَلُ بِكاشِفِ الذَّبْذِبَةِ، يُحوِّلُ صوتَ النَّايِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ.



سَعَةُ المَوْجَةِ
عاليةً - صوتٌ
جَهِيرٌ



سَعَةُ المَوْجَةِ

يَعْرِضُ كاشِفُ الذَّبْذِبَةِ نَمَطَ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ على شاشَتِهِ مُبَيِّنًا ارتفاعَ ضَغْطِ الهَوَاءِ وهبوطَهُ أَثناءَ مُرُورِ المَوْجَةِ الصوتيَّةِ عِبرَ الميكروفونِ. فإذا أَرْتَفَعَتِ جَهَارَةُ الصوتِ ازدادتْ تَغْيِراتُ الضَّغْطِ وازدادتْ سَعَةُ المَوْجَةِ.



هِنْرِخ هِرْتز

الفيزيائيُّ الأَلمانيُّ، هِنْرِخ هِرْتز (١٨٥٧-١٨٩٤) كانَ أوَّلَ مَنْ أَنْتَجَ أمواجًا راديويَّةً وكشَفَ عن وُجُودِها. وقد سُمِّيتْ وَحْدَةُ التَرَدُّدِ الهِرْتز، المُسْتَخْدَمَةُ لِجَمِيعِ أنواعِ الأمواجِ والذَّبْذِبَاتِ - بما فيها الأمواجِ الصوتيةِ والرَّاديويَّةِ والضَّوئيةِ، بِاسْمِهِ. والهِرْتز يُساوي ذَبْذِبَةً واحدةً في الثانيةِ.

التَرَدُّدُ

تَرَدُّدُ المَوْجَةِ هو عَدَدُ ذَبْذِبَاتِها في الثانيةِ، ويُقاسُ بِعَدَدِ الذَّرَى المَوْجِيَّةِ العابِرةِ في تلكِ الفِترَةِ. فالَمَوْجَةُ ذاتُ التَرَدُّدِ الخَفِيفِ طَوِيلَةُ الطولِ المَوْجِيّ؛ وذاتُ التَرَدُّدِ العَاليِ قَصِيرَةُ الطولِ المَوْجِيّ. فالأمواجُ العَاليَةُ التَرَدُّدِ القَصِيرَةُ الطولِ المَوْجِيّ تُعْطِي صَوْتًا عَاليَ الطَبَقَةِ، فيما الصَوْتُ من الأمواجِ الخَفِيفَةِ التَرَدُّدِ والطَوِيلَةِ الطولِ المَوْجِيّ خَفِيفُ دَرَجَةِ النِّعَمِ.

الأمواجُ الخَفِيفَةُ التَرَدُّدُ تُعْطِي صَوْتًا خَفِيفَ الطَبَقَةِ.



الأمواجُ العَاليَةُ التَرَدُّدُ تُعْطِي صَوْتًا عَاليَ الطَبَقَةِ.



تَظْهَرُ ذَرَى أمواجِ الصوتِ العَاليَةِ التَرَدُّدِ على الشاشَةِ مُتَلَاوَةً أَكْثَرَ من ذَرَى الأمواجِ الخَفِيفَةِ التَرَدُّدِ، لأنَّ ما يَصِلُ مِنْها إلى الميكروفونِ في وَحْدَةِ الزَمَنِ أَكْثَرُ.

بَعْدَ أن تَتَجَاوَزَكَ السَّيَّارَةُ مُدْبِرَةً، تُصْبِحُ الأمواجُ الصوتيَّةُ أَطْوَلَ والنِّعَمُ أَخْفَضَ.



صَفَّارَةُ السَّيَّارَةِ القَادِمَةِ نَحْوَكَ تَتَبَعُتْ أمواجًا قَصِيرَةً عَاليَةَ التَرَدُّدِ.



ظَاهِرَةُ دُوبِلَر

طَبَقَةُ أو دَرَجَةُ نِّعَمِ الصوتِ التي تَسْمَعُها من صَفَّارَةِ سَيَّارَةِ الشَّرْطِيَّةِ العابِرةِ بِسُرْعَةٍ تَعْتَمِدُ على ما إذا كانَتِ السَّيَّارَةُ قَادِمَةً نَحْوَكَ أو مُدْبِرَةً بَعِيدًا عَنْكَ. فالسَّيَّارَةُ المُقْتَرِبَةُ تُضَاعِطُ الأمواجُ الصوتيَّةُ أَمَامَها وتُضَاعِطُ أَطْوَالُها وَيَزْدَادُ تَرَدُّدُها، فَتَغْلُو طَبَقَةُ الصَفِيرِ. أمَّا خَلْفَ السَّيَّارَةِ المُدْبِرَةِ فَتَمْتَنِّطُ الأمواجُ الصوتيَّةُ؛ والأمواجُ الأَطْوَلُ ذاتُ تَرَدُّدٍ أَخْفَضَ؛ فَتَسْمَعُ الصَفِيرَ المُدْبِرَ أَخْفَضَ طَبَقَةً.

الأمواجُ الصوتيَّةُ

الأمواجُ الصوتيَّةُ تَتَنَقَّلُ في الهَوَاءِ فَعَلًا كَأَنْتِقَالَ مَوْجَةٍ على طَوْلِ نابضٍ لَوَلِيّ. فَيُماثِلُ التَضَاعُطُ (حَيْثُ تَتَحَدَّدُ جُزْئِيَّاتُ الهَوَاءِ) ذُرُوءَ مَوْجَةٍ مائِيَّةٍ؛ بَيْنما يُماثِلُ التَخَلُّلُ (حَيْثُ تَتَفَاسَحُ جُزْئِيَّاتُ الهَوَاءِ) قَرَارَ مَوْجَةٍ مائِيَّةٍ..



الطُّولُ المَوْجِيّ

الأمواجُ القَصِيرَةُ أو الطَوِيلَةُ تَسْهُلُ مِشَاهَدَتُها في المَاءِ. فالطُّولُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ مائِيَّةٍ هو المِساْفَةُ بَيْنَ ذُرُوتَيْنِ مُتَجَاوِرَتَيْنِ كما الطُّولُ المَوْجِيّ لِمَوْجَةٍ صَوْتِيَّةٍ هو المِساْفَةُ بَيْنَ تَضَاعُطَيْنِ مُتَجَاوِرَيْنِ. الأمواجُ مُتَلَاوَةٌ مُتَقَارِبَةٌ في الصَوْتِ ذِي الطُّولِ المَوْجِيّ القَصِيرِ، وَمتباعدٌ بَعْضُها عَن بَعْضٍ في الطُّولِ المَوْجِيّ الأَطْوَلَ.



لِزْيَدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- إِحداثُ الصوتِ وَسَماعُهُ ص ١٨٢
- جَهَارَةُ الصوتِ ص ١٨١
- الأصواتُ الموسيقيَّةُ ص ١٨٦
- حَقائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٢

جَهَارَةُ الصَّوْت

تَعْتَمِدُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ عَلَى الشَّدَّةِ (كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ) الَّتِي تَحْمِلُهَا الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ. فَالذَّبْذَبَاتُ الْكَبِيرَةُ وَفِيرَةُ كَمِّيَّةِ الطَّاقَةِ، وَتُنتِجُ أَمْوَاجًا صَوْتِيَّةً شَدِيدَةً كَبِيرَةً السَّعَةِ. الْأَصْوَاتُ الْعَالِيَةُ الْجَهَارَةُ جَدًّا، كَدَوِيٍّ أَخْتِرَاقٍ جِدَارِ الصَّوْتِ أَوْ زَمْجِرَةِ الْأَمْوَاجِ الصَّدْمِيَّةِ مِنَ الْانْفِجَارَاتِ، يُمَكِّنُ أَنْ تَكُونَ مُؤْلِمَةً وَقَدْ تُسَبِّبُ ضَرَرًا بِالْغَا - فَالْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ تَرْتَبِطُ بِالْمُنْشَآتِ فَتَجْعَلُهَا تَتَذَبَذَبُ. وَيُسْتَخْدَمُ مِقْيَاسٌ خَاصٌّ، يُدْعَى سُلَّمُ دِيسِيل (بِاسْمِ أَلَكْسَنْدَرِ غِرَاهَامِ بِل) لِقِيَاسِ جَهَارَةِ الصَّوْتِ.

سُلَّمُ دِيسِيل

فَرَقُ السَّعَةِ الْمَوْجِيَّةِ بَيْنَ أَهْدَأِ الْأَصْوَاتِ وَبَيْنَ الْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ الْجَهَارَةِ حَتَّى مُسْتَوَى الْإِيْذَاءِ كَبِيرٍ جَدًّا بِحَيْثُ يَتَعَدَّرُ تَمَثُّلُهُ عَدَدِيًّا. وَسُلَّمُ الدِّيسِيلِ مَثَلٌ عَلَى السُّلَّمِ الْمَوْجِيَّةِ، حَيْثُ تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ ١٠ أَضْعَافٍ فِي كُلِّ مَرَّةٍ يُضَافُ فِيهَا ١٠ دِيسِيل (دب) إِلَى الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي. فَإِذَا زِيدَ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي ٢٠ (دب) تَتَضَاعَفُ جَهَارَةُ الصَّوْتِ $10 \times 10 = 100$ مَرَّةً.



الْخَطَرُ الْكَامِنُ

الْمُجَسِّمُ الصَّوْتِي (السْتِيرِيُو) الشَّخْصِي لَيْسَ عَالِي الْقُدْرَةِ، لَكِنْ دُخُولُ كَامِلِ الصَّوْتِ تَقْرِيْبًا مُبَاشَرَةً إِلَى الْأَذْنَيْنِ، قَدْ يَجْعَلُ مُسْتَوَاتِ الصَّوْتِ دَاخِلَ الْأَذْنِ عَالِيَةً جَدًّا. إِنَّ تَسْمَعَ الْمُجَسِّمَاتِ الشَّخْصِيَّةَ، بِجَهَارَةٍ زَائِدَةٍ، لِفَتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ قَدْ يُضْعِفُ السَّمْعَ.

تَذْثِيرٌ خَاصٌّ يَمْتَصُّ الصَّوْتِ



وَأَقِيَّةُ الْأَذْنَيْنِ

وَقَايَةُ الْأَذْنَيْنِ

الَّذِينَ يَعْمَلُونَ فِي أَجْوَاءٍ تَعْبُجُ بِالْأَصْوَاتِ الْعَالِيَةِ عَلَيْهِمْ أَنْ يَحْمُوا أَدَانَهُمْ بِاسْتِخْدَامِ وَاقِيَاتٍ كَاتِمَةٍ لِلضَّجِيجِ. فَالْتَعَرُّضُ فِتْرَاتٍ طَوِيلَةٍ لِمُسْتَوَاتِ صَوْتِيَّةٍ عَالِيَةٍ مِنْ تَرْدُّدَاتٍ مُعَيَّنَةٍ يُعَرِّضُ الْمَرَّةَ لِلْضَّمَمِ.

قِيَاسُ الصَّوْتِ

يُمْكِنُ مُرَاقَبَةُ الْمُسْتَوَاتِ الصَّوْتِيَّةِ دَاخِلَ الْمَصْنَعِ بِمَقَايِيسِ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي لِلتَّأَكُّدِ مِنْ عَدَمِ خَطَرِهَا. إِنَّ الْمُسْتَوَى الصَّوْتِي يَجِبُ أَنْ يَزِيدَ عَلَى ١١٠ (دب) فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ الْأَوْقَاتِ؛ كَمَا يَجِبُ أَنْ يَتَجَاوَزَ ٩٠ (دب) لِيَوْمٍ عَمَلٍ كَامِلٍ.

صَوْتُ جَوْقَةٍ
الرُّوكُ يُعَادِلُ
صَوْتُ سَقُوطِ
١٠٠ مِلْيُونِ
وَرَقَةٍ نَبَاتِيَّةٍ.

لَا غَرَابَةَ أَنْ

يُعَانِي مُوسِيقِي الرُّوكِ مِنْ ضَعْفِ السَّمْعِ. فَالْأَصْوَاتُ فَوْقَ ١٢٠ (دب) قَدْ تُسَبِّبُ أَلَمًا شَدِيدًا وَضَمَمًا.



فِي الْمُسْتَوَاتِ
الصَّوْتِيَّةِ فَوْقَ ١٠٠ (دب)
يَجِبُ أَنْ يَكُونَ الْعَمَلُ مُكَدَّدًا
بِفَتْرَاتٍ قَصِيرَةٍ فَقَطْ.



إِنْْعِدَامُ

الصَّوْتِ

ذُرْوَةُ

الْمَوْجَةِ

قَرَارُ الْمَوْجَةِ

إِخْمَادُ الضَّجِيجِ

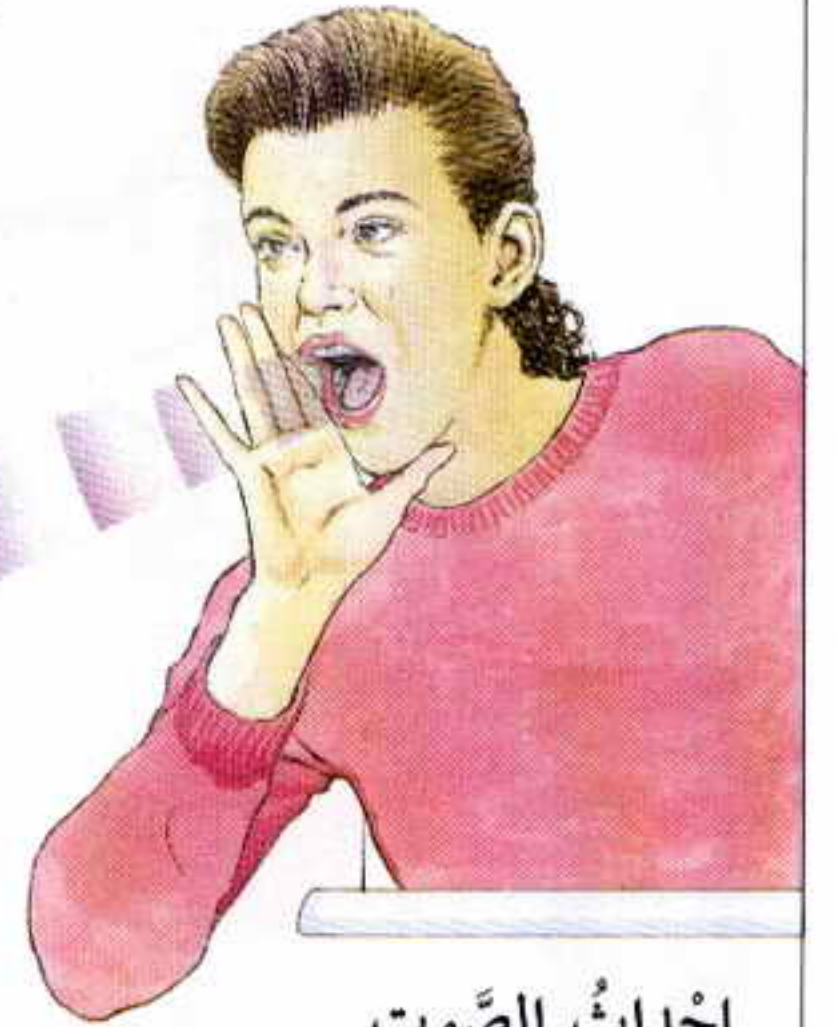
قَدْ يَتَضَامُّ صَوْتَانِ مَعًا لِيَنْتِجَا سُكُونًا! وَمِنْ غَيْرِ الْمُحْتَمَلِ أَنْ يَحْدُثَ ذَلِكَ صِدْفَةً. لَكِنْ بِقِيَاسِ الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ يُمَكِّنُ لِلْحَاسِبِ إِنتَاجَ مَثَلٍ مِرَاوِيٍّ لَهَا، بِحَيْثُ تُقَابِلُ الذَّرَى فِي الْمَوْجَةِ الْأَصْلِيَّةِ قَرَارَاتِ الْمَوْجَةِ الصَّوْتِيَّةِ الْجَدِيدَةِ تَمَامًا. وَبِتَرَاكِبِ الصَّوْتَيْنِ يُلْغِيَانِ وَاحِدَهُمَا الْآخَرَ، وَيُعَرَفُ هَذَا الْأَسْلُوبُ بِإِخْمَادِ الضَّجِيجِ. فِي الْمُسْتَشْفَيَاتِ، تُجَهَّزُ بَعْضُ آلَاتِ مَسْحِ الْجِسْمِ بِأَنْظِمَةٍ مُخَمَدَةٍ لِلضَّجِيجِ تَجْعَلُهَا هَادِئَةً لَا تَزْعِجُ الْمَرِيضَ. وَفِي الْمُسْتَقْبَلِ قَدْ يَتِمُّ تَجْهِيْزُ الْبَرَادَاتِ وَمَكْنَاتِ الْعَسِيلِ بِأَنْظِمَةٍ تَخْمِيدٍ مُمَاطِلَةٍ تَجْعَلُهَا صَامِتَةً تَمَامًا.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الاهتزازات ص ١٢٦
- الانصالات البُعَادِيَّة ص ١٦٢
- الصَّوْت ص ١٧٨
- الْأَصْوَاتُ الْمَوْسِيقِيَّة ص ١٨٦

إحداث الصَّوت وسَماعه

إذا كُنْتَ فَقَدْتَ صَوْتَكَ مَرَّةً نَتِيجَةً زُكَّامٍ أَوْ بُحَّةٍ شَدِيدَةٍ، فَلَعَلَّكَ خَبَرْتَ صُعُوبَةَ إِفْهَامِ النَّاسِ مُرَادَكَ بِدُونِهِ؛ فَالْكَلَامُ هُوَ وَسِيلَةٌ تَوَاصُلُنَا الرَّئِيسِيَّةَ مَعَهُمْ. عِنْدَمَا نَتَكَلَّمُ نُحْدِثُ ذَبْذَبَاتٍ تَتَقَلُّ فِي الْهَوَاءِ كَأَمْوَاجٍ صَوْتِيَّةٍ تَتَحَوَّلُ فِي الْأُذُنِ إِلَى أَصْوَاتٍ مُتَمَيِّزَةٍ. وَرُغْمَ أَنَّ الْأُذُنَ الْبَشَرِيَّةَ حَسَّاسَةٌ لِلْأَصْوَاتِ الَّتِي يَتَرَاوَحُ تَرْدُّدُ ذَبْذَبَاتِهَا بَيْنَ ٢٠ وَ ٢٠ ألفِ هِرْتز، فَإِنَّهَا أَشَدُّ حَسَّاسِيَّةً لِلْأَصْوَاتِ الَّتِي يُقَارِبُ تَرْدُّدُهَا الْأَلْفَ هِرْتز - وَهُوَ مَدَى تَرْدُّدِ الصَّوْتِ فِي الْمُحَادَثَةِ الْعَادِيَّةِ، مَعَ أَنَّ أَصْوَاتَنَا قَدْ تَتَضَمَّنُ ذَبْذَبَاتٍ تَنْخَفِضُ طَبَقْتُهَا إِلَى ٥٠ هِرْتز أَوْ تَعْلُو إِلَى ١٠ آلافِ هِرْتز. وَكَمَا نَسْتَخْدِمُ نَحْنُ أَصْوَاتَنَا لِمُحَادَثَةِ النَّاسِ الْآخَرِينَ، كَذَلِكَ نَسْتَخْدِمُ الْحَيَوَانَاتُ أَصْوَاتَهَا لِلتَّوَاصُلِ فِيمَا بَيْنَهَا، أَوْ حَتَّى فِيمَا بَيْنَهَا وَبَيْنَنَا.



إحداث الصَّوت

تَبْنِئُ أَصْوَاتَنَا عِنْدَمَا نَدْفَعُ الْهَوَاءَ بِقُوَّةٍ مِنَ الرَّئِيسِ عَبْرَ الْأَوْتَارِ الصَّوْتِيَّةِ فِي الْحُلُقُومِ، فَتَهْتَرُ هَذِهِ بِالْهَوَاءِ الْمُنْدَفِعِ. وَنَحْنُ عِنْدَمَا نَتَكَلَّمُ أَوْ نَغْنِي، نَعْدِلُ تَوَثُّرَ الْأَوْتَارِ الصَّوْتِيَّةِ بِأَسْتِمْرَارٍ، كَمَا نَعْمَلُ شَكْلَ الْقَمِّ وَسرعةَ الْهَوَاءِ الْمُنْطَلِقِ. فَبِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ نَتَحَكَّمُ فِي طَبَقَةِ وَنَوْعِيَّةِ وَجْهَارَةِ أَصْوَاتِنَا.



إذا أَتَى الصَّوْتُ مِنَ الْجِهَةِ الْيُمْنَى، تَصِلُ الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ إِلَى الْأُذُنِ الْيُمْنَى بِفَارَقِ جُزْءٍ مِنَ الثَّانِيَةِ قَبْلَ وَصُولِهَا إِلَى الْأُذُنِ الْيُسْرَى. وَبِذَلِكَ يُمَكِّنُنَا تَعْيِينَ الْجِهَةِ الَّتِي أَتَى مِنْهَا الصَّوْتُ.



الرَّنين

مُعْظَمُ الْأَجْسَامِ قَابِلٌ لِلذَّبْذِبَةِ؛ وَالتَّرْدُّدُ الطَّبِيعِيُّ الَّذِي يَتَذَبَذَبُ بِهِ الْجِسْمُ يُسَمَّى تَرْدُّدَهُ الرَّنَّان. فَإِذَا أُحْدِثَ، بِالْقُرْبِ مِنْ هَذَا الْجِسْمِ، صَوْتُ ذُو تَرْدُّدٍ مُمَازِلٍ تَمَامًا لِتَرْدُّدِهِ الرَّنَّانِ يَلْتَقِطُ الْجِسْمُ طَاقَةً مِنَ الْأَمْوَاجِ الصَّوْتِيَّةِ الْمُتَبَعَّةِ وَيَتَذَبَذَبُ بِالتَّأثيرِ - وَيُعْرَفُ هَذَا بِالرَّنينِ. وَلَعَلَّكَ كَثِيرًا مَا سَمِعْتَ رَنِينَ كَهَذَا وَالْمَوْسِيقَى تَعْرِفُ عَالِيًا فِي عُزْفِكَ - إِذْ تُسَبِّبُ نَغْمَةً مُعَيَّنَةً رَنِينَ مَاطُورَةً فِي الْبَابِ أَوْ النَافِذَةِ أَوْ رَنِينَ جِسْمٍ عَلَى مَقَرَّةٍ مِنَ الْمِجْهَارِ. وَلَوْ يَغْنِي مَغْنًى بِتَرْدُّدٍ مُسَاوٍ لِلتَّرْدُّدِ الطَّبِيعِيِّ لِكَاسِ رُجَاجِيَّةٍ، فَقَدْ يَكُونُ رَنِينُهَا مِنَ الشَّدَّةِ بِحَيْثُ يُحَطِّطُهَا.

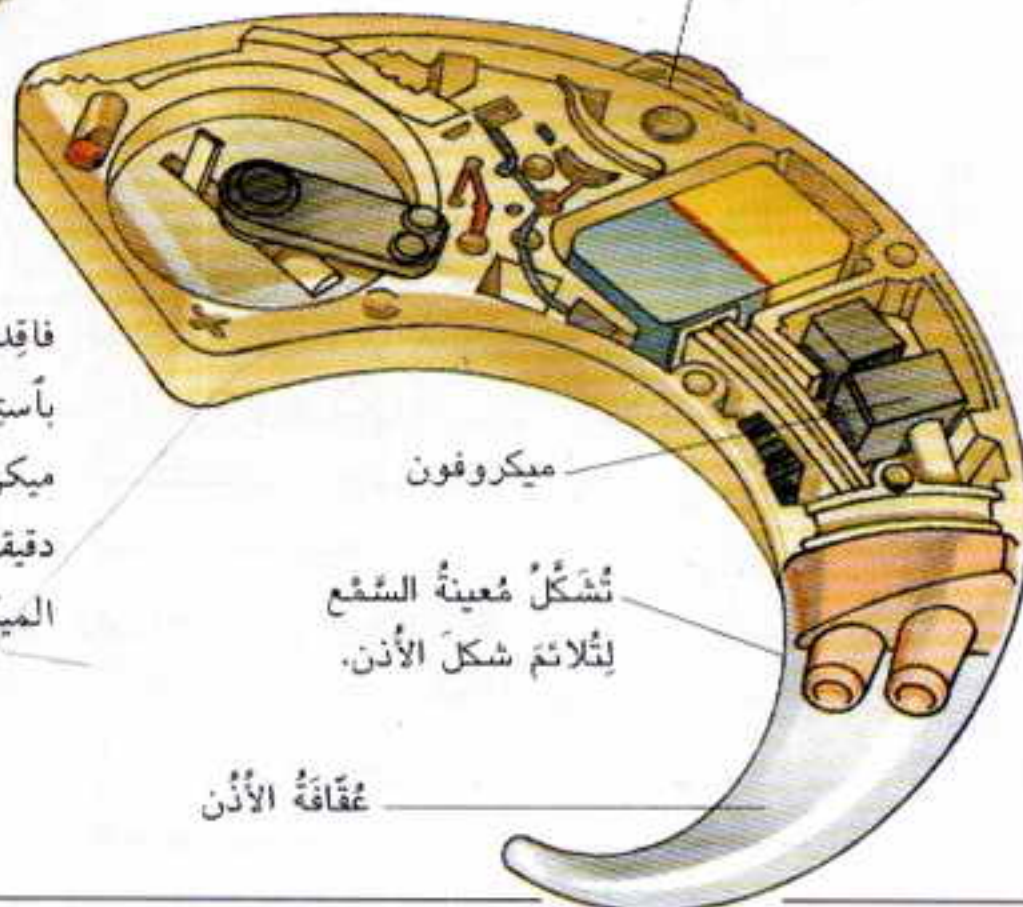
سَمَاعُ الصَّوت

الْأَمْوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ الْمُتَجَمِّعَةُ فِي الْأُذُنِ الْخَارِجِيَّةِ تُسَبِّبُ ذَبْذِبَةً مُمَازِلَةً فِي طَبَلَّةِ الْأُذُنِ. وَتَتَقَلُّ هَذِهِ الذَّبْذَبَاتُ بِوَاسِطَةِ ثَلَاثِ عَظِيمَاتٍ دَقِيقَةٍ فِي الْأُذُنِ الْمُتَوَسِّطَةِ إِلَى السَّائِلِ الدَّنْفِيِّ فِي قَوَّعَةِ الْأُذُنِ الْدَاخِلِيَّةِ؛ فَيَسْتِثِيرُ بِذَبْذِبَتِهِ شُعِيرَاتِ الْأَعْصَابِ الدَّقِيقَةِ. وَهَذِهِ الْأَعْصَابُ تُرْسِلُ إِشَارَاتٍ كَهْرَبَائِيَّةً إِلَى الْمَخِّ الَّذِي يُمَكِّنُنَا مِنْ تَمْيِيزِ الصَّوْتِ.



يُمْكِنُ تَعْدِيلُ مُعَيَّنَةِ السَّمْعِ لِتُضَخِّمَ تَرْدُّدَاتٍ صَوْتِيَّةً مُعَيَّنَةً.

مِضْبَطُ الْجَهَارَةِ



الصَّمَم

فَاقْدُو السَّمْعُ جُزْئِيًّا يُمَكِّنُ مُسَاعَدَتَهُمْ بِاسْتِخْدَامِ مُعَيَّنَةِ سَمْعٍ. وَهِيَ تَتَأَلَّفُ مِنْ مَيَكْرُوفُونٍ وَمُضَخِّمٍ وَمِجْهَارٍ - كُلُّهَا دَقِيقَةٌ صُغْرِيَّةٌ. فَالْأَصْوَاتُ الَّتِي تَصِلُ إِلَى الْمَيَكْرُوفُونِ تُضَخَّمُ وَتُعَدَّى إِلَى أُذُنِيَّةِ السَّمَاعَةِ، فَتُسَمِعُ.

مَيَكْرُوفُونٌ

تُشَكِّلُ مُعَيَّنَةُ السَّمْعِ لِتَلَاثَمِ شَكْلِ الْأُذُنِ.

عُقَاقَةُ الْأُذُنِ

ذَبْذِبَةُ الْهَوَاءِ فِي الْقَوَارِيرِ

يُمْكِنُكَ مُشَاهَدَةُ وَسَمَاعُ اخْتِلَافٍ ذَبْذِبَةِ الْكَمِّيَّاتِ الْمُتَبَايِنَةِ مِنَ الْهَوَاءِ، وَإِصْدَارِهَا أَصْوَاتًا مُخْتَلِفَةً، بِالنَّفْخِ عَبْرَ قُوَاهِ بَضْعِ قَوَارِيرٍ تَحْوِي مَاءً إِلَى أَرْتِفَاعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ. إِنَّ نَفْخَكَ يَجْعَلُ أَعْمَدَةَ الْهَوَاءِ فِي الْقَوَارِيرِ تَهْتَرُ بِتَرْدُّدِهَا الرَّئِيسِيِّ؛ وَتَعْتَمِدُ طَبَقَةُ الصَّوْتِ النَّاتِجِ عَلَى طُولِ عَمُودِ الْهَوَاءِ الْمُتَذَبَذِبِ. لَاحِظْ أَنَّهُ كُلَّمَا قَصُرَ عَمُودُ الْهَوَاءِ الْمُتَذَبَذِبِ تَسَارَعُ ذَبْذِبَتُهُ وَتَعْلُو طَبَقَةُ الصَّوْتِ الْصَادِرِ مِنْهُ.



أصوات الحيوانات

الحيوانات المختلفة تُصدر مَدَى واسعاً من الأصوات؛ فبعض الضفادع، رُغم صِغَرِ حَجْمِها نِسْباً، تستطيعُ أبتِعاتٍ نقيقٍ خفيض الطِّبْقَةِ جَداً بِنَفْثِ كَيْسِ هَوَائِيٍّ تحت الحُلُقُومِ حتَّى يقاربَ حَجْمُها. وتُطلِّقُ القِرَدَةُ العَوَاةَ زَعِيقاً يُعَدُّ من أكثر الأصوات جَهارةً في عالمِ الحيوان - إذ إنها تجعلُ فجواتَ خاصَّةً بين العظامِ خَلْفَ المنخرَين تُعزِّزُ زَعِيقَها بالرَّنينِ في عَصافَاتِ هَوَائِيَّةٍ قوَّةٍ. أمَّا الحشراتُ فَعَدِمةُ الصوتِ إذ لا رِثاءَ لها تَنفُخُ لِإحداثِ صَوْتٍ؛ لكنَّ بعضَ الجَنادِبِ تُصْدِرُ صَريراً حاداً يَحْكُ أجَنَّتَها الأماميةَ الجَلْدِيَّةَ.

يُمْكِنُ سَماعُ رَعَقاتِ القُرْدِ العَوَّاءِ على مَسافَةِ ١٦ كيلومتراً.



يتراوحُ تردُّدُ صريرِ الجَنادِبِ بين ٧٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ هِرْتز

يتراوحُ تردُّدُ نَقِيقِ الضفادِعِ بين ٥٠ و ٨٠٠٠ هِرْتز

يتراوحُ تردُّدُ رَعِيقِ القِرَدَةِ العَوَّاءَةِ بين ٤٠٠ و ٦٠٠ هِرْتز

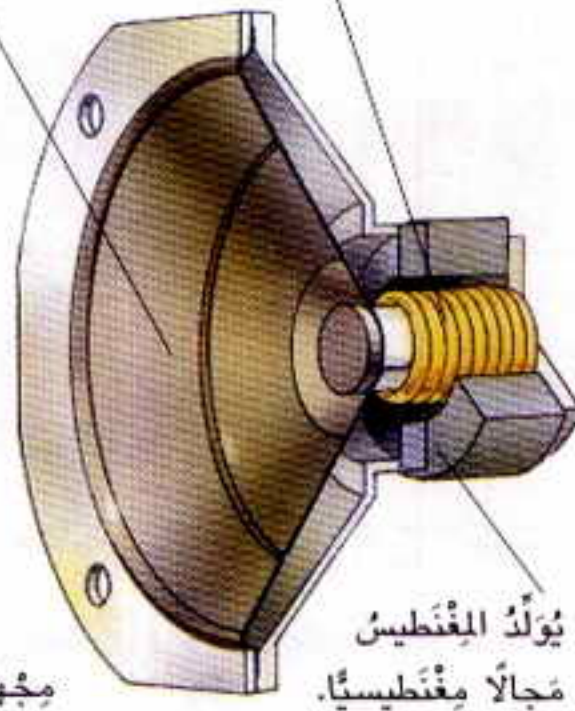
يتراوحُ تردُّدُ أصواتِ البَشَرِ بين ٨٥ و ١١٠٠٠ هِرْتز

يُصَنِّعُ رِقُّ المِجْهَارِ المَخروطِيّ من الورقِ أو اللدائن.

يتحرَّكُ المِلْفُ السِّلْكِيّ مُتساوِقاَ مع الإشاراتِ الكهربائيَّةِ.

المِجْهَارُ

يُسجَلُ الصَّوْتُ وَيُسْتَعادُ بتحويلِهِ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ. فقبْلَ الاستِماعِ إلى أسطوانةٍ أو شريطٍ مُسجَلٍ أو إلى أسطوانةٍ قُرصِيَّةٍ مُدَمَجَّةٍ، لا بُدَّ من إعادةِ تحويلِ الإشاراتِ الكهربائيَّةِ إلى أصواتٍ بواسطةِ مِجْهَارٍ. في المِجْهَارِ يُعزِّدُ المِلْفُ السِّلْكِيّ، المُحاطُ بِمِجَالٍ مِغْنَطِيسِيٍّ، بالإشاراتِ الكهربائيَّةِ؛ فَتُسَبِّبُ هذه، بتغيُّرها، ذبذبةَ رِقِّ المِجْهَارِ المَخروطِيّ فيولِّدُ صَوْتاً.



مِجْهَارٌ ذو مِلْفٍ مُتحرِّكٍ

يُولِّدُ المِغْنَطِيسُ مِجَالاً مِغْنَطِيسِيّاً.

تستطيعُ الخُفافيشُ إحداثَ وسماعَ تردُّداتٍ فوقَ سَمْعِيَّةٍ. فالضُّريرُ العالِي الذي تُصْدِرُهُ يَرتدُّ عن الأشياءِ، فيُساعدُها في تحديدِ مواقعِ طرائدِها (كالْحشراتِ الطائرة مثلاً).

تستطيعُ الكلابُ سَماعَ الصَّغِيرِ العالِي التردُّدِ من صَفاراتٍ خاصَّةٍ لا يَشمُعُها الإنسان.

يُصَنِّعُ الرِّقُّ من اللدائنِ أو من الرقائقِ المعدنيَّةِ.

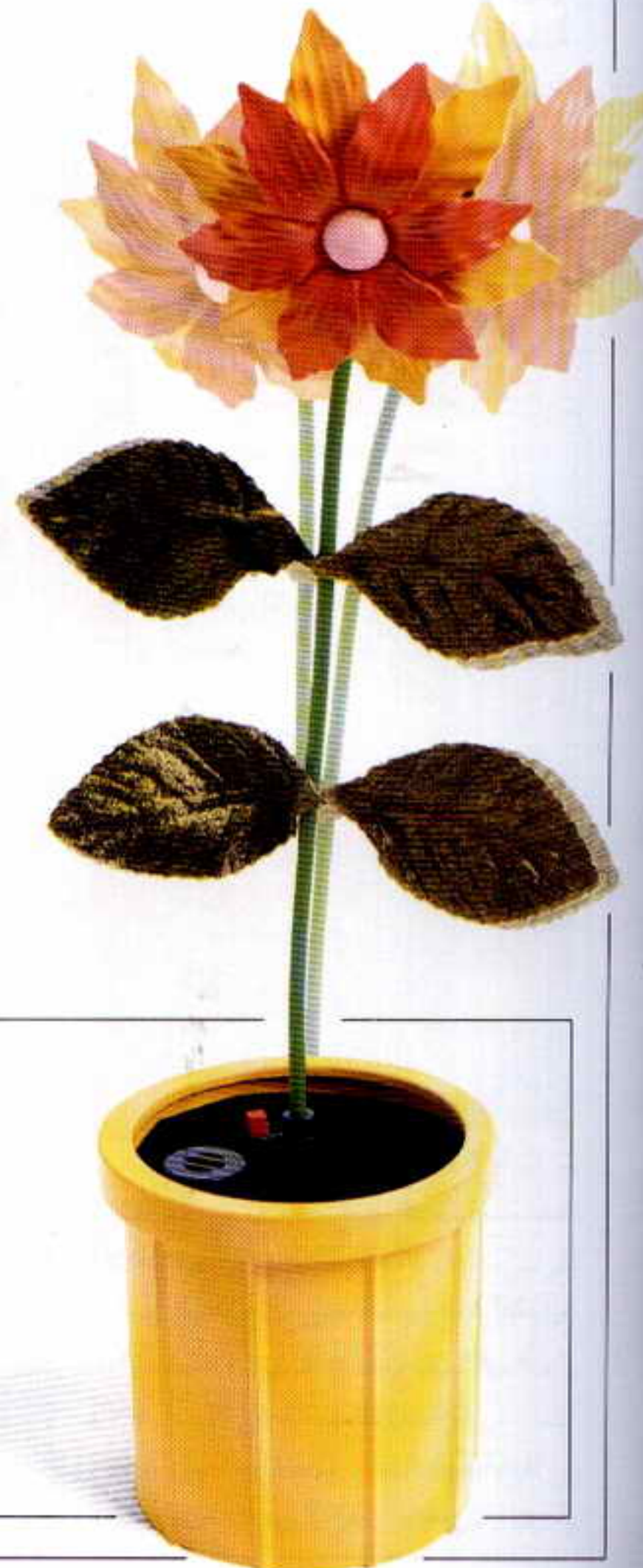


مِغْنَطِيسٌ

مِلْفٌ سِلْكِيٌّ مُثَبَّتٌ بِالرِّقِّ

الميكروفون

تُحوَّلُ الأصواتُ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ لِيُمْكِنَ تَسجيلُها. والميكروفون ذو المِلْفِ المُتحرِّكِ يَستخدِمُ نظاماً مُماثِلاً للمِجْهَارِ ذي المِلْفِ المُتحرِّكِ، لكنَّ بترتيبٍ مَعرُوسٍ. فهو يَحوي مِلْفاً سِلْكِيّاً مُثَبَّتاً إلى قُرصٍ مَرِنٍ يَتذبذبُ مع الرِّقِّ بواسطةِ الأمواجِ الصوتيَّةِ. ويُولِّدُ تحَرُّكُ المِلْفِ داخِلَ المِجالِ المِغْنَطِيسِيّ تياراً كهربائياً، يتراوحُ كَتراوُحُ أمواجِ الصَّوْتِ.



مَدَى السَّمْعِ في الحيوانات

مُعظَمُ الحيواناتِ يُمْكِنُها سَماعُ تردُّداتٍ أَكثَرَ ممَّا تُصْدِرُهُ، ومُعظَمُها يُصْدِرُ أصواتاً تتجاوزُ كَثِيراً المَدَى الذي يُمْكِنُ لِلإنسانِ سَماعُهُ. يَتغيَّرُ مَدَى تردُّداتِ السَّمْعِ عندَ الإنسانِ معَ تَقَدُّمِهِ في السَّنِ. فالوَلَدُ يستطيعُ سَماعَ التردُّداتِ من ٢٠ إلى ٢٠,٠٠٠ هِرْتز، فيما لا يستطيعُ شَخْصٌ في سِنِ السَّتينِ سَماعَ تردُّداتٍ تتجاوزُ ١٢,٠٠٠ هِرْتزاً.

لمزيد من المعلومات انظر

- الاهتزازات ص ١٢٦
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- مقومات إلكترونية ص ١٦٨
- قياس الصوت ص ١٨٠
- انعكاس الصوت وامتصاصه ص ١٨٤
- الحواس ص ٣٥٨

التحريك بالصَّوْتِ

اللَّعِبُ البَسيطَةُ المُتحرِّكةُ بالصَّوْتِ، كهذه النِّبَّةُ الدُّمِيَّةُ، تحوي ميكروفوناً يُحدِثُ فيها تحَرُّكاً عندما يَتلقَّى أصواتاً فوقَ مُستوى تردُّدٍ مُعَيَّنٍ. ويستطيعُ جِهازٌ مُفَعَّلٌ بالصَّوْتِ أَكثَرَ تَظَوُّراً وتعقيداً إعطاءَ المَعلُومَاتِ عن حِسابِ مَصرِفِيٍّ لِأحدِ الزبائن عندما يُطلَبُ منه ذلك هاتِفياً. إنَّ تَعَرُّفَ الكَلِماتِ الصَّادِرةِ من أَشخاصٍ مُختَلِفِينَ أمرٌ صَعْبٌ جَداً، لكنَّ الحواسيبَ التي تَستجيبُ لأنماطٍ صوتيَّةٍ فَرَدِيَّةٍ هي حاليّاً قيدُ التَطويرِ لِلاستِعمالِ اليَوميِّ.

انِعْكَاسُ الصَّوتِ وَاِمْتِصَاصُهُ

هل تساءلت مرّة لم يبدو صوتك رناناً حين تُغني في غرفة الحمام؟ ذلك لأنّ الأمواج الصوتيّة تنعكس على سطوح الجدران المليسة الصلابة فترتد عنها تكراراً كارتداد الكرة المطاطيّة في ملعب السكواش الرباعيّ الجدران. إنّ اتّجاه الأمواج الصوتيّة يتغيّر عند كلّ انعكاس، لكنّ طبقة الصوت لا تتغيّر. وانعكاسات الصوت أصداً تقيّد في مجالات عديدة إضافة إلى كونها غنصراً تسليّة. فقبل أيام الرادار، كان البحّارة، عندما يحاصرون الضّباب، يطلقون نفيراً خاصاً اسمه نفير الضّباب فيحدّدون بعدهم عن الصخور الخطرة بقياس الفارق الزمنيّ بين صوت النفير وسماع انعكاسه. غير أنّ الأصوات لا تنعكس دائماً، فهي إنّ وقعت على سطح رخو طريّ، تمتصّ فلا ترتدّ.

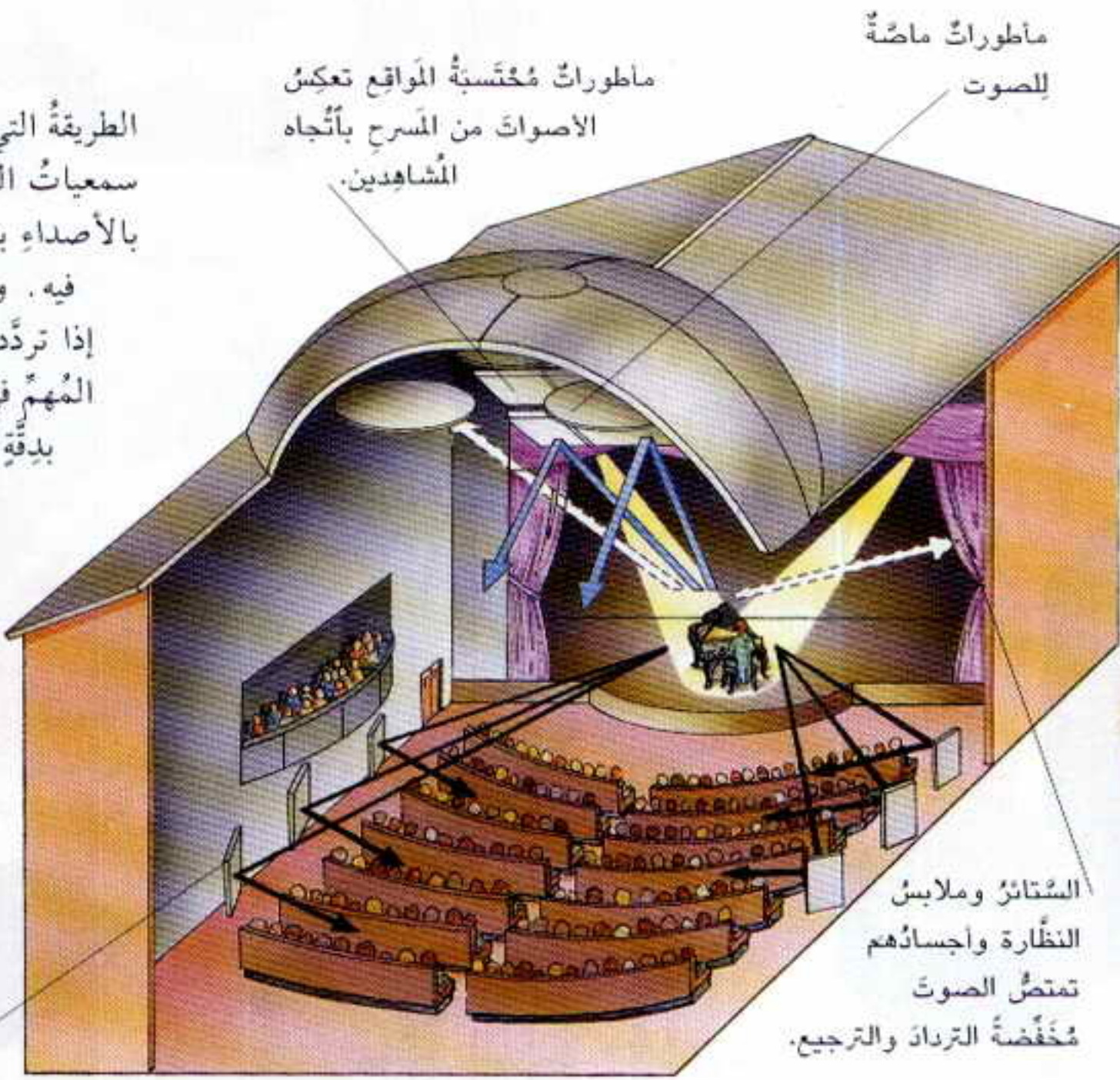


الأصدا

إذا وقعت على بعد مُعيّن من جدار وصيحت أو صغقت فسيرتدّ إليك انعكاس الصوت صدى بعد فترة وجيزة يعتمد طولها على مدى بُعديك عن الجدار. فإذا كانت المسافة ٥٠ متراً، فالصوت سيقطع مسافة ١٠٠ متر ليعود صداً إليك. فإذا قسّمت ١٠٠ متر على الفاصل الزمنيّ بين إحداث الصوت وسماع صداه، تحصل على سرعة انتقال الصوت.

السّمعيّات

الطريقة التي تُرجع فيها الأصدا في مبنى تُسمّى سمعيّات المبنى. فالمبنى الكبير قد يبدو عاجاً بالأصداً بخاصة إذا كثرت السطوح العاريّة فيه. وتحدث ترجيعات الصدى في مبنى إذا ترددت الأصدا عدّة نواً فيه. ومن المهمّ في قاعة موسيقيّة التحكّم في الأصدا بدقة - فبنقصها تبدو الأنغام الموسيقيّة هزيلة باهتة، وبفرطها تلخبط الأصوات وتُسوّش. لذا تُركّز مآطورات خاصّة لتوجيه انعكاسات الصوت نحو جمهور المُستمعين، كما تُركّب أخرى، إضافة إلى الستائر، لامتصاص الترجيعات الزائدة.

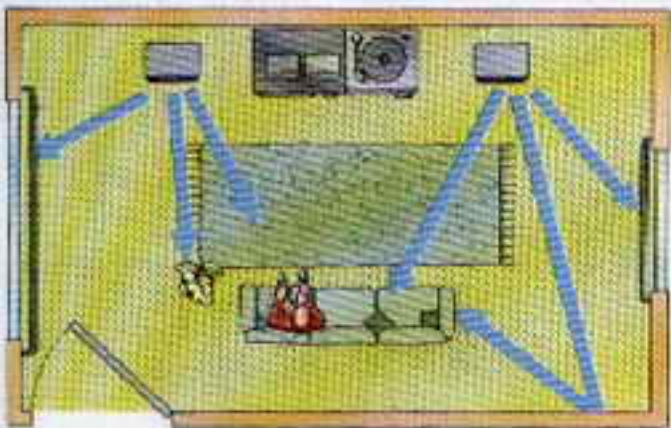


غرفة لا صدويّة

المآطورات الماصّة للصوت في سقف وجدران النقيّ الهوائيّ اللاصدويّ تُخفّض ترددات الصوت وترجيّعاته. وهذا يمكّن العلماء من قياس الضجيج الذي تولّده مروحة الطائرة الدائرية بدقة.

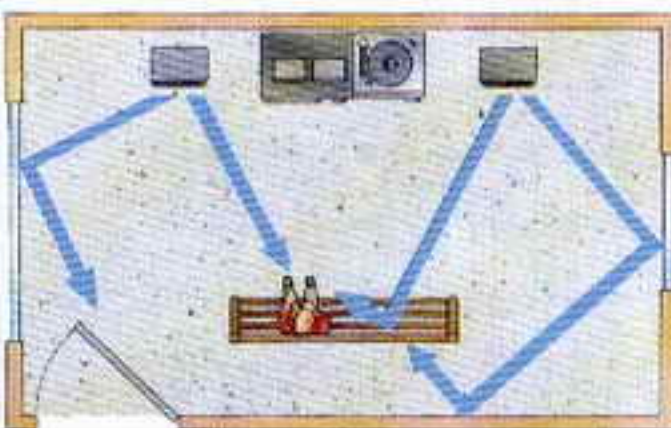
امتصاص الصوت

السطوح الرخوة الطريّة تمتصّ طاقة الصوت كما يمتصّ الرمل طاقة كرة تضربه. في هذه الحجرة، السجادة والستائر والأريكة والنبّة، جميعها، تمتصّ الطاقة الصوتيّة فلا ترتدّ أصداً.



انعكاس الصوت

تعكس السطوح الصلبة المليسة طاقة الصوت كما ترتدّ كرة عن جدار خرسانيّ. في هذه الحجرة يرتدّ الصوت، الذي يتبعه المجهاران المُجسمان، عن أرضيّة الغرفة وجدرانها كما عن المقعد الخشبيّ.



الصّحون الصوتيّة (العاكسة)

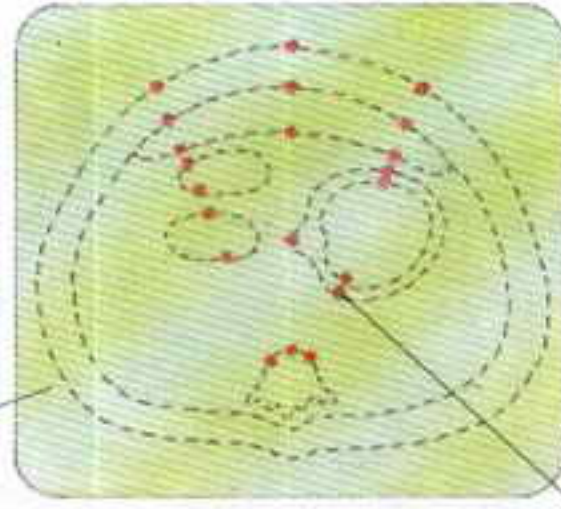
تُستخدم صّحون مكافئيّة المقطع لتجميع الصوت وتركيزه. فالشكل الخاصّ للصحن الصوتيّ يعكس الصوت الآتي بمواجهته مباشرة ويركّزه نحو الميكروفون المثبّت في وسطه. وهكذا يستقبل الميكروفون طاقة صوتيّة أكبر، فيمكن به مثلاً تسجيل الأصوات الخفيفة مستوى الشدة كغريد بعض الطيور.



التصوير بالصَّوت فوق السَّمْعِي

تسجلُ أصدااءُ الصَّوت فوق السَّمْعِي كسلسلةٍ من النُّقْطِ المُتَبَايِنَةِ النَّصُوعِ تَبَعًا لِشِدَّةِ الصَّدى المُسْتَقْبَلِ. هذه الصَّورة لِجَنِينٍ فِي رَحِمِ أُمِّهِ شَكَّلَتْ حَاسُوبِيًّا مِنْ مَجْمُوعَةِ تَقْرِيسَاتِ.

صورةٌ بالأمواج فوق السَّمْعِيَّةِ تُولَّفُهَا التَقْرِيسَاتِ.



حُرْمٌ صَوْتِيَّةٌ فَوْقَ سَمْعِيَّةٍ

الأطراف

الجُمُجُمَةُ

الغشود

الجدارُ البطني

إشاراتٌ صَدَوِيَّةٌ



تحديدُ المواقع بالصَّدى

تُستخدَمُ الدَّلَافِينُ تَرَدُّدَاتٍ فَوْقَ سَمْعِيَّةٍ لِلتَّوَاصُلِ فِيمَا بَيْنَهَا وَلِتَحْدِيدِ مَوَاقِعِ أَسْرَابِ السَّمَكِ وَالْعَوَاقِي تَحْتَ الْمَاءِ. فَهِيَ تُصْدِرُ طَقَّاتٍ صَوْتِيَّةً عَالِيَةً تَرْتَدُّ أَصْدَاؤُهَا عَنِ الْأَجْسَامِ الَّتِي تَعْتَزُّهَا مِمَّا يُمَكِّنُ الدَّلَافِينَ مِنْ تَحْدِيدِ حَجْمِ وَبُعْدِ تِلْكَ الْأَجْسَامِ فِي الْمَاءِ حَوَالَيْهَا. وَهَذَا النِّظَامُ عَظِيمُ الْفَائِدَةِ بِخَاصَّةٍ فِي

الكشفِ عن مُفْتَرِسَاتِ كِكَلَابِ الْبَحْرِ (أَيِ أَسْمَاكِ الْقِرْشِ) الْخَطِرَةِ.



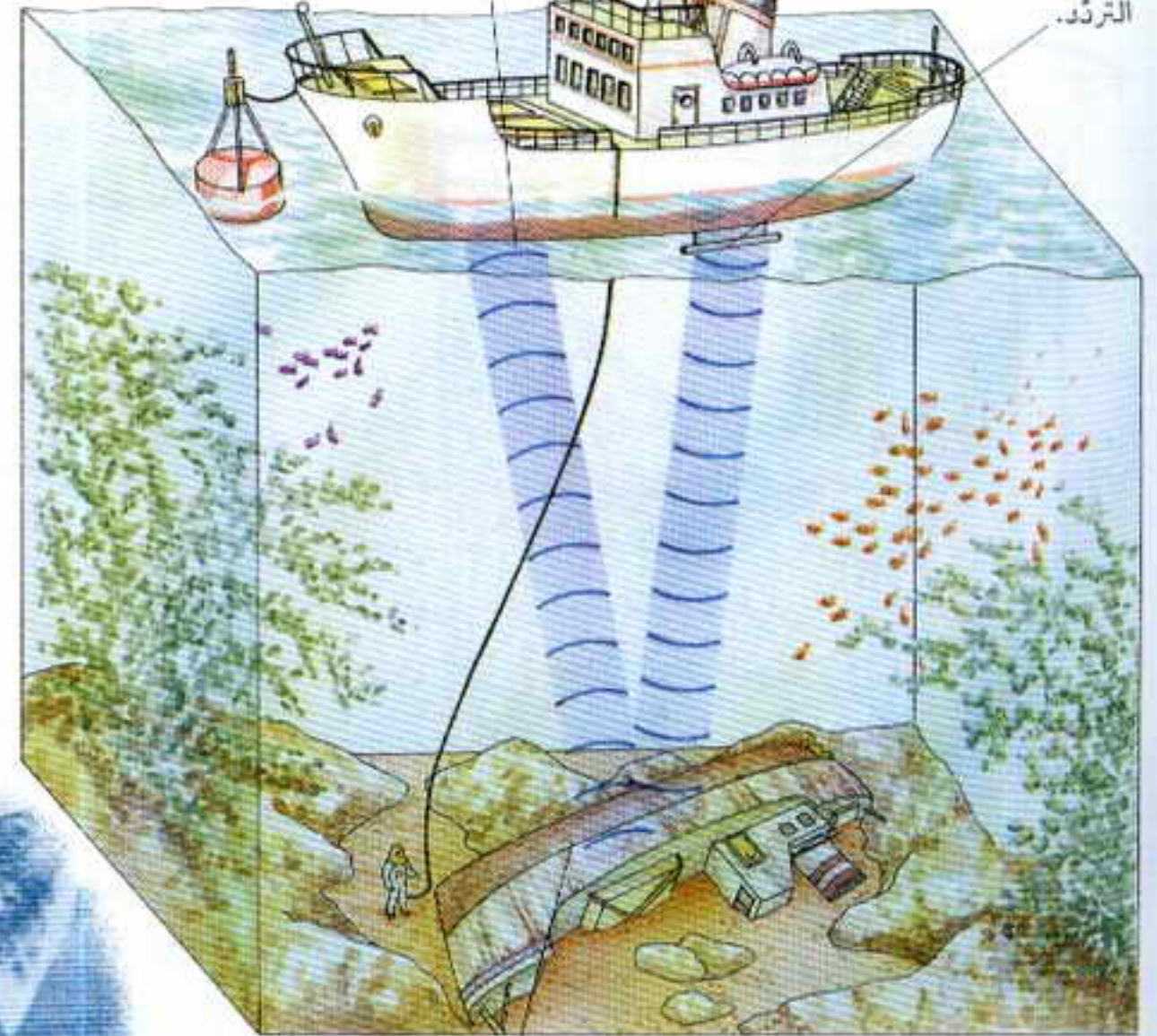
تُصْدِرُ الطَّقَّاتُ الصَوْتِيَّةُ مِنْ عَضْوٍ خَاصٍّ فِي رَأْسِ الدَّلْفِينِ.

الصوت فوق السَّمْعِي

الأمواجُ الصوتِيَّةُ الَّتِي يَفُوقُ تَرَدُّدُهَا ٢٠ ألفَ هِرْتِزْ لَا تَسْمَعُهَا الْأُذُنُ الْبَشَرِيَّةُ؛ وَالصَّوتُ النَّاتِجُ عَنْهَا أَوْ عَنْ تَرَدُّدَاتٍ أَكْبَرَ مِنْهَا هُوَ صَوْتُ فَوْقَ السَّمْعِي. وَتُستخدَمُ الْأَصْوَاتُ فَوْقَ السَّمْعِيَّةِ فِي الطَّبِّ لِأَنَّ أَمَاجِهَا، بِخِلَافِ الْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ، لَا تُتَلَفُ الْأَنْسِجَةَ الْبَشَرِيَّةَ. يُرْسَلُ الْمَقْرَاسُ إِلَى دَاخِلِ الْجِسْمِ أَمَاجًا فَوْقَ سَمْعِيَّةٍ تَنْعَكِسُ عَنِ الْأَعْضَاءِ الْمُخْتَلِفَةِ، وَيَتَلَقَّى انْعِكَاسَاتُهَا فَيَعْرِضُهَا صَوْرَةً عَلَى شَاشَتِهِ.

يُستَبَانُ عُمُقُ الْخُطَامِ مِنَ الْوَقْتِ الَّذِي يَسْتَغْرِقُهُ صَدَى الْأَمَاجِ الصَوْتِيَّةِ الْمُنْعَكِسَةِ عَنْهُ لِيَرْتَدُّ إِلَى السَّفِينَةِ.

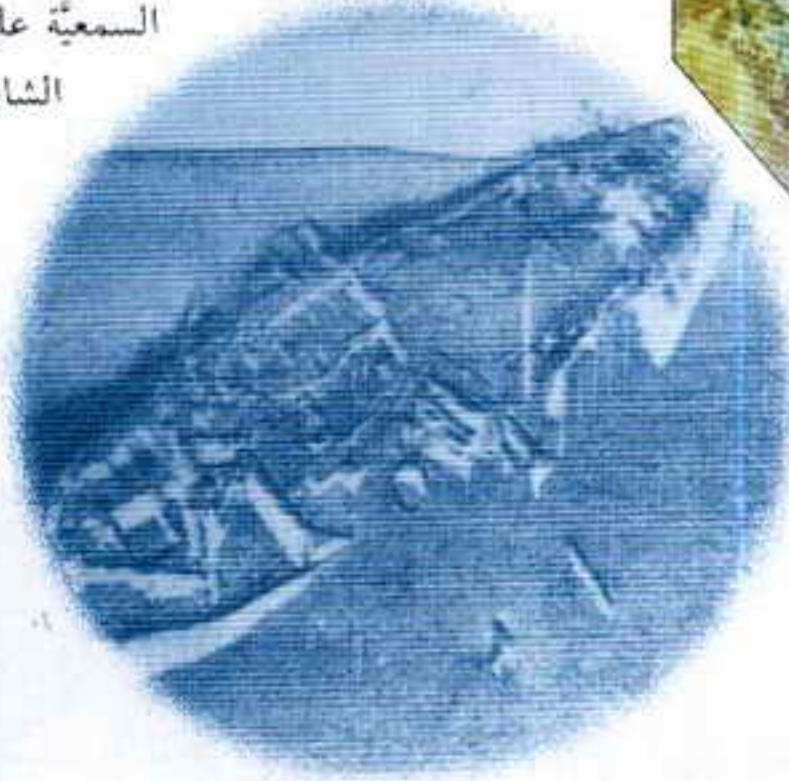
يُرْسَلُ السُّونَارُ، الْمُنْبَثُّ تَحْتَ صَالِبِ السَّفِينَةِ، إِلَى أَعْمَاقِ الْمَاءِ، أَمَاجًا صَوْتِيَّةً عَالِيَةً التَّرَدُّدِ.



يَعَكِسُ خُطَامُ السَّفِينَةِ الصَّوتَ أَصْدَاءً.

إختيَارُ لاِإِتِلَافِي

المَقْصُودُ الْمُهْمَّةُ فِي الطَّائِرَاتِ يَجِبُ أَنْ تَكُونَ خَالِيَةً مِنْ أَيْ خَلَلٍ كَامِنٍ. فَالْشُّقُوقُ الدَّاخِلِيَّةُ الدَّقِيقَةُ، فِي مَقْصُورٍ مِنْهَا، قَدْ تَسْبَعُ فَيَتَعَطَّلُ أَدَاؤُهُ أَثْنَاءَ الطَّيْرَانِ. لِهَذَا تُخْتَبَرُ هَذِهِ الْمَقْصُومَاتُ اخْتِيَارًا لَا إِتِلَافِيًّا يَستخدَمُ الصَّوتَ فَوْقَ السَّمْعِي لِكَيْتَشَافَ أَيْ خَلَلٍ دُونَ إِلْحَاقِ الضَّرَرِ بِالْمَقْصُومِ ذَاتِهِ. فَالْتَّبَصُّاتُ فَوْقَ السَمْعِيَّةِ الْمُنْعَكِسَةُ عَنْ مِثْلِ هَذِهِ الشُّقُوقِ، إِنَّ وَجَدَتْ، تُظْهِرُ فِي الصُّورِ فَوْقَ السَمْعِيَّةِ عَلَى الشَّاشَةِ.



صورةٌ على الشَّاشَةِ

هَذِهِ الصَّورَةُ لِخُطَامِ سَفِينَةٍ تَحْتَ الْمَاءِ تَكُونَتْ بِتَقْرِيسِ (مَسْحِ) آتِّجَاهِ الْأَصْدَاءِ الْوَارِدَةِ؛ وَتَدْرِيجِيًّا ارْتَسَمَتْ أَنْمَاطُ الْأَصْدَاءِ صَوْرَةً عَلَى شَاشَةِ الْحَاسُوبِ.

السَّيْرُ بِالصَّدى

إِثْرُ كَارِثَةِ التَّيْنِيكِ عَامَ ١٩١٢، حِينَ أَصْطَلَمَتِ السَّفِينَةُ بِجَبَلٍ جَلِيدِيٍّ فِي سَفَرِهَا الْبَكْرِ، قَادَ الْعَالَمُ الْفَرَنْسِيَّ، بُولَ لَانْجُون، مَشَارِيعَ أَبْحَافٍ لِتَطْوِيرِ السُّونَارِ. يَستخدَمُ جِهَازُ السُّونَارِ أَمَاجًا فَوْقَ سَمْعِيَّةٍ لِتَحْدِيدِ مَوَاقِعِ جِبَالِ الْجَلِيدِ وَأَسْرَابِ السَّمَكِ وَخُطَامِ السُّفُنِ أَوْ الْغَوَاصَاتِ، وَلِسَيْرِ أَعْمَاقِ الْبَحَارِ أَيْضًا. فَيُرْسَلُ تَبَصُّاتٌ صَوْتِيَّةٌ فِي الْيَمِّ، وَيَرْصُدُ الْأَصْدَاءَ الْمُرْتَدَّةَ عَنْ أَيْ شَيْءٍ تَحْتَ الْمَاءِ. وَبِقِيَاسِ الْفَارِقِ الزَّمَنِيِّ بَيْنَ إِرْسَالِ التَّبَصُّةِ وَاسْتِقْبَالِ صَدَاهَا، يُمْكِنُ أَحْتِسَابُ عُمُقِ الشَّيْءِ أَوْ بُعْدِهِ عَنِ السَّفِينَةِ.

يُغْمَرُ الْمَقْصُومُ الْمَعْدِنِي فِي الْمَاءِ الَّذِي يَعْمَلُ كَوَسْطٍ مُوَصِّلٍ لِلصَّوتِ.

لمزيد من المعلومات انظر

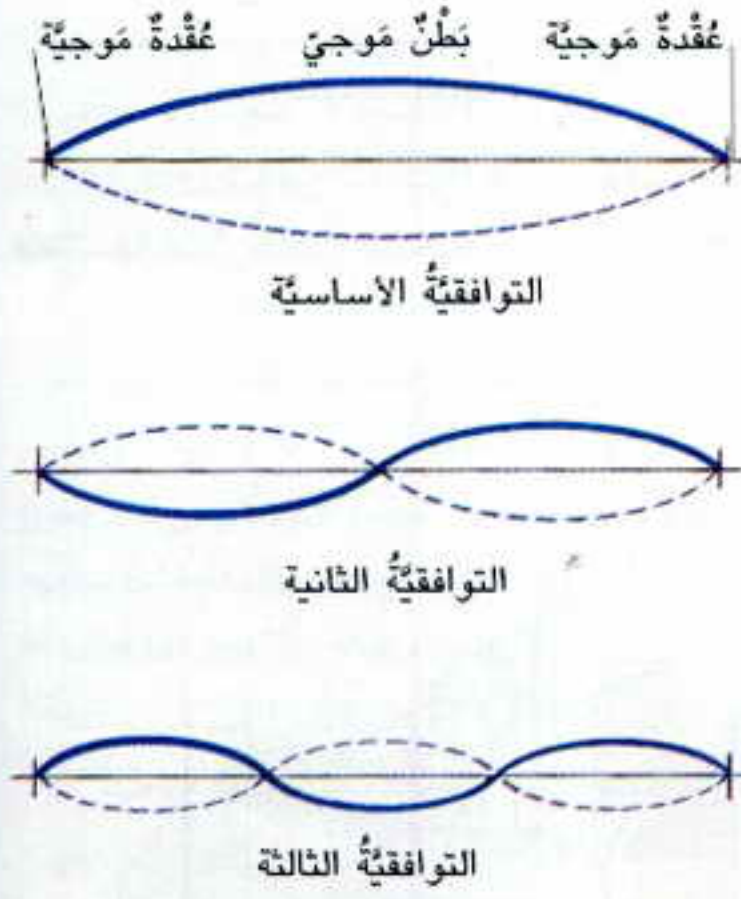
- الصَّوتُ وَالضَّوُّ ص ١٧٧
- قِيَاسُ الصَّوتِ ص ١٨٠
- إِحْدَاثُ الصَّوتِ وَسَمَاعُهُ ص ١٨٢
- الْمَبْنُوتَاتُ ص ٣٣٤

الأصوات الموسيقية

الآلات الموسيقية جميعها تعمل بذبذبة الهواء؛ فالعازفة أو العازف يتحكم بتردد الذبذبات وسعتها ليعزف الألحان والإيقاعات. أما جرس (أي نوعية صوت) الآلة المميز فيعتمد على كيفية ذبذبة الهواء. ينفخ العازف آلة النفخ الموسيقية إما من خلال فتحة أو عبر لسان ريشي؛ فالهواء داخل الناي (وهي لا تحوي لساناً) يتذبذب ببساطة مُصدراً صوتاً رخيماً نقيّاً. أما في مِزمار القرب فالهواء المنفوخ عبر السنّة أنابيب يتذبذب بنسق مُعقّد مُصدراً صوتاً غنياً أجشّاً. وتُعرف جميع الآلات الصوتية (اللاكهربائية)، وترية أو نفخية أو نقرية بالإنباض أو بجِرّ القوس والنفخ والنقر.

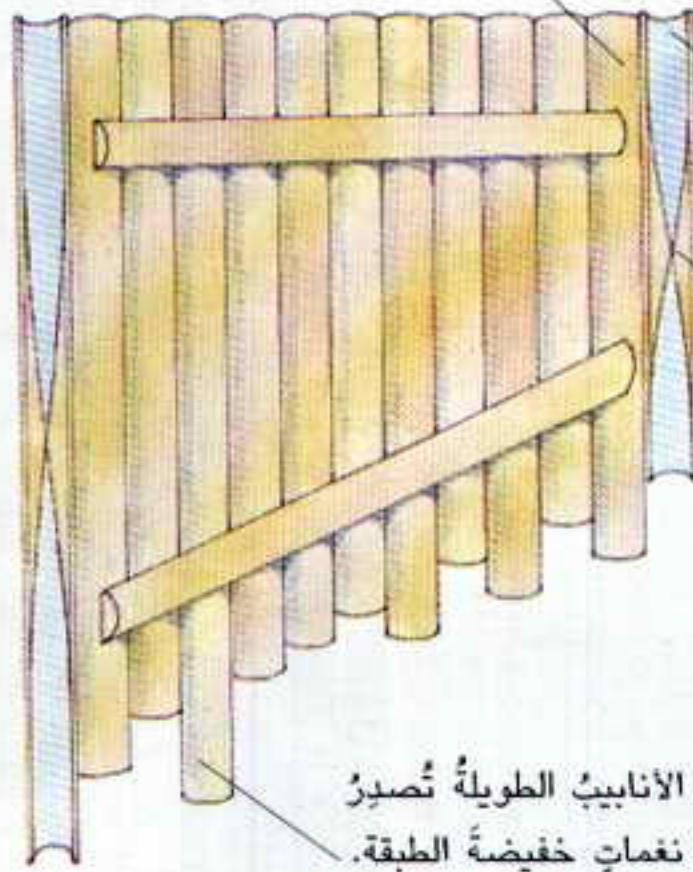


التوافقيات الوترية



التوافقيات هي الترددات المختلفة التي يمكن للشئ أن يتذبذب بها. فالوتر المشدود بين دعامين يستطيع التذبذب بحيث يتلاءم عدد متباين من الأطوال الموجية على امتداده. فالموجة ذات الطول الموجي الأكثر هي الأساسية؛ والذبذبات الأخرى هي ذات أطوال موجية أقل وترددات أعلى. وتُعرف هذه السلسلة المتوالية من الترددات بالتوافقيات. ونسبة التوافقيات المختلفة هي التي تُكسب الآلة الموسيقية صوتها المميز.

الأنابيب القصيرة تُصدر نغمات عالية الطبقة.



الأنابيب المزمارية

يتذبذب عمود الهواء داخل الأنبوب تَحَلُّلاً وتضاعفاً؛ وتتعدّد حركة الهواء عند وسط العمود حيث العُقْدَةُ المَوْجِيَّةُ. وتكون ذبذبة الهواء على أقصاها عند طرفي العمود حيث بطنا الموجة.

يتغيّر توتر الوتر بتدوير المُلَوَّى.



البيانو

تُدقُّ أوتارُ البيانو المعدنية بِمَطَارِقٍ تُشغّلها المفاتيح (أصابع العزف المتحركة). ويستطيع العازف (أو العازفة) ضغط عدة مفاتيح معاً ليعزف توليفات نغمية. بعض التوليفات عذبة سماعاً وبعضها قد يكون نشاراً. وسرُّ العزف الناجح هو في مزج الأنغام في توليفات موسيقية متوافقة (هارمونية).



الجوقة الموسيقية (الأوركسترا)

إنَّ توليف الأنغام المختلفة الطبقة من آلات وترية وآلات نفخ ونقر في الأوركسترا يُنتج تنوعاً ضخماً من التوافقيات والجرس المتميز. وهو توليف مُخطَّط ومُدروس بعناية - فكلُّ مجموعة (أو وحدة) من الآلات لها دورها الخاص في أداء القطعة الموسيقية. والجوقة الموسيقية قد تُعزف بنعومة ورقّة بالكاد تُسمع؛ لكن عندما يُشارك أفراد الفرقة جميعهم في العزف عاليًا، فإنَّ مستوى الصوت قد يبلغ ١٠٠ ديسيبل.

وحدة آلات النقر تُعزف أحياناً عدة آلات في أداء واحد.

وحدة الآلات النحاسية تضم الأبواق على أنواعها؛ (من أبواق وترمبونات وتيوبات)

تُنْبَضُ أوتار القيثارة للعزف.

أوتار الكمان والقيثارات تُصدر الأصوات بجُرّ القوس عليها أو بانباضها.

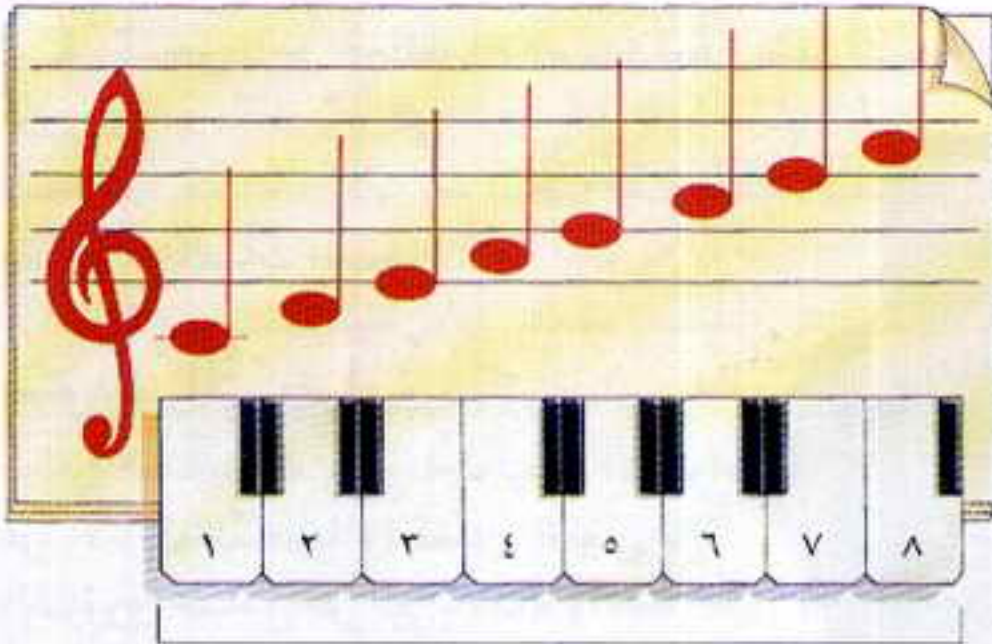
وحدة آلات النفخ الخشبية تضم الصرنايات (الكلارينيتات) المفردة ريشة اللسان والمزامير والباسونات (الرماخز) المزدوجة ريشة اللسان والنايات العديمة اللسان.

قائد الأوركسترا يضبط الإيقاع بعصاه وتوجيه الإشارات إلى العازب المختص شخصياً.

الآلات الوترية الكبيرة، كالتشيللو والكمان المزدوج (الدبل باز)، تُصدر أخفض الأصوات طبقة.

السلم الموسيقي

السلم الموسيقي متواليه أنغام تتزايد ترددها تدريجياً بنسبٍ طبيعيٍّ عذب. النغمة الأخيرة في أعلى السلم ذات تردد يُعادل تماماً ضعف تردد النغمة الأولى في أسفلها. النغمتان اللتان تردداً أحدهما ضعف تردد الأخرى نقول إنه يُفصل بينهما جواب (ثمانية نغم).



جواب (ثمانية نغم)

٢٦٢ ٢٩٤ ٣٣٠ ٣٤٩ ٣٩٢ ٤٤٠ ٤٩٤ ٥٢٤

كل نغمة في سلم موسيقي هي تردد صوتي مُعَيَّن.

الجلد المشدود يُصدر صوتاً عالي الطبقة؛ بينما يُصدر الجلد الرأخي صوتاً خفيض الطبقة.

قرع الطبول

اللحن والإيقاع المُستَظمان من آلات النقر، كالطبول، يُضفيان على الموسيقى مزاجاً شاملاً. يهتز جلد الطبل بالقرع، ويجب ضبط القرع بالشدة اللازمة تماماً لجعل الآلة تتذبذب بالشكل الصحيح. الجلد المشدود أكثر يُصدر طبقة صوتية أعلى، كما الوتر الأشد توترًا يُصدر نغمة أعلى.

لمزيد من المعلومات انظر

- الاهتزازات ص ١٢٦
- قياس الصوت ص ١٨٠
- جهاز الصوت ص ١٨١
- إحداث الصوت وسماعه ص ١٨٢
- انعكاس الصوت وامتناعه ص ١٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢

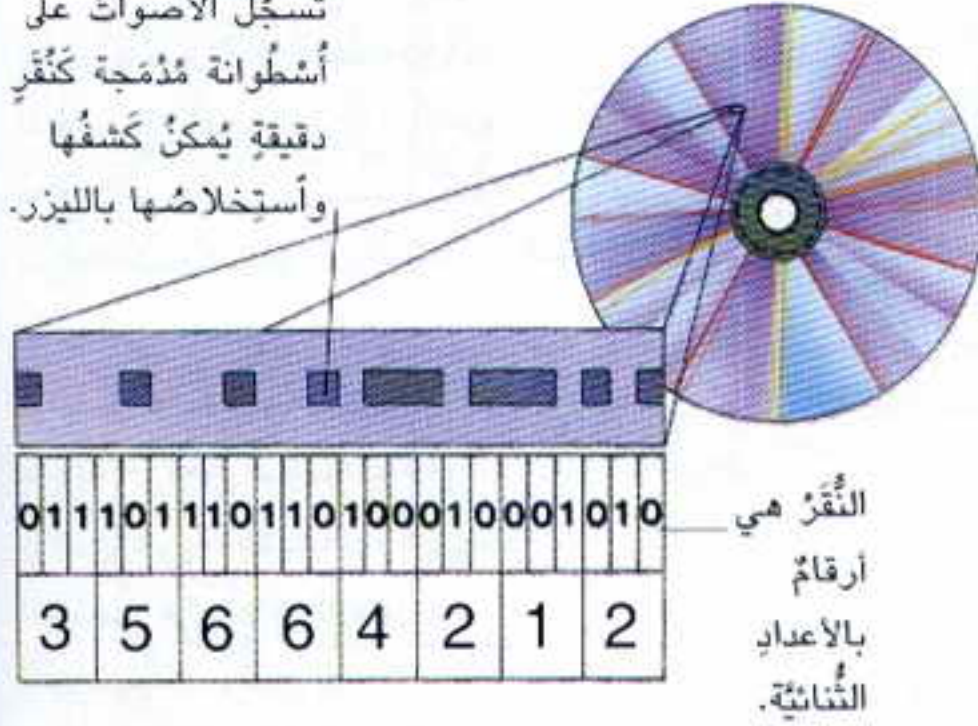


فيثاغورس

كان الفيلسوف والرياضي الإغريقي، فيثاغورس (٥٨٢ - ٥٠٠ ق.م.) يعتقد بإمكانية التعبير عن الجمال والأنغام عددياً. وقد عرّف العلاقة الرياضية بين طبقة الصوت وطول الوتر أو الأنبوب، أو حجم الجرس الذي يُصدرها. ووجد أن تقصير الوتر إلى نصفه يُضاعف تردد ذبذبه الأساسية ويزيد طبقة النغم جواباً (ثمانية نغم).

تسجيل الصوت

تُسجل الأصوات على
أسطوانة مدمجة كَنَقْرٍ
دقيقة يُمكن كشفها
وإستخلاصها بالليزر.



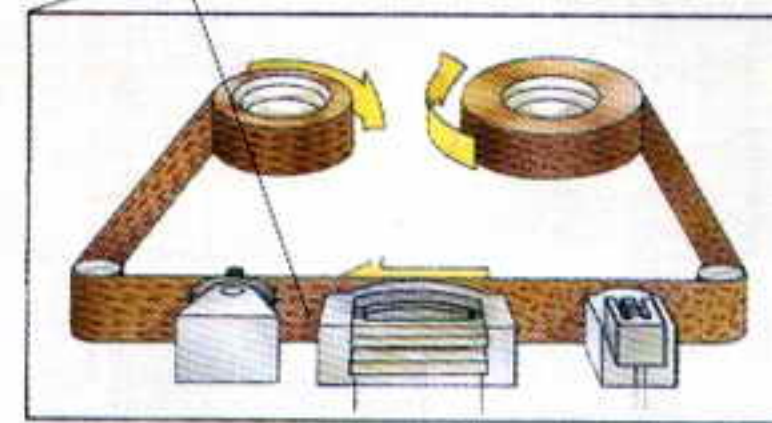
النقطة هي
أرقام
بالأعداد
الثمانية.

كما الكلمات المكتوبة على الورق تُقرأ مرارًا وتكرارًا، كذلك الأصوات يمكن تسجيلها واستعادتها مرة بعد أخرى. التسجيلات الصوتية كلها تُخزن الأصوات بأستنساخ تموجاتها. هنالك نوعان من التسجيل الصوتي: النظيري والرقمي. في التسجيلات النظيرية تُخزن أنماط الأمواج الصوتية كخط متموج يُحز على أسطوانة، أو كأنماط مغناطيسية على شريط. أما التسجيلات الرقمية فتحوّل فيها أنماط الأمواج الصوتية إلى أرقام تُوضع مواقع كافة النقاط على الموجة الصوتية قبل تسجيلها. وتُخزن هذه الأرقام كنقطة دقيقة على أسطوانة مدمجة أو كأنماط مغناطيسية على شريط سمعي رقمي، ثم يُعاد تحويلها إلى صوت بمعالج صغري رقاقي.

التسجيل الرقمي

يُسجل الصوت نُقْراً دقيقة تُكس على سطح أسطوانة مدمجة مُستوية. هذه النقطة هي أرقام بالأعداد الثمانية، كل منها قياس يُعلو الموجة الصوتية في لحظة معينة. عند تدوير الأسطوانة، تَمَسُحُ حُرْمَةُ المَعْرِفَةِ سطحها، وإذا تسقط الحُرْمَةُ على جزء مُسطح منها تنعكس الحُرْمَةُ نحو مكشاف ضوئي، يُحوّل الضوء إلى نبضات كهربائية؛ لكن إذا وقعت الحُرْمَةُ على نُقْرة، فإنها تنعكس بعيداً.

يُغذّى رأس التسجيل بالإشارات الكهربائية من الميكروفون، فيرتّب مجاله المغناطيسي الجسيمات في نمط مُعين.



التسجيل الشريطي

شريط التسجيل داخل الحافظة (الكاسيت) مُغطى بطبقة أكسيدية تحوي فيزيات مغناطيسية. ففي شريط غفل تتجه الجسيمات المغناطيسية عشوائياً، لكنها بعد تسجيل الصوت تتخذ نمطاً يتساوق مع الصوت المُسجل.

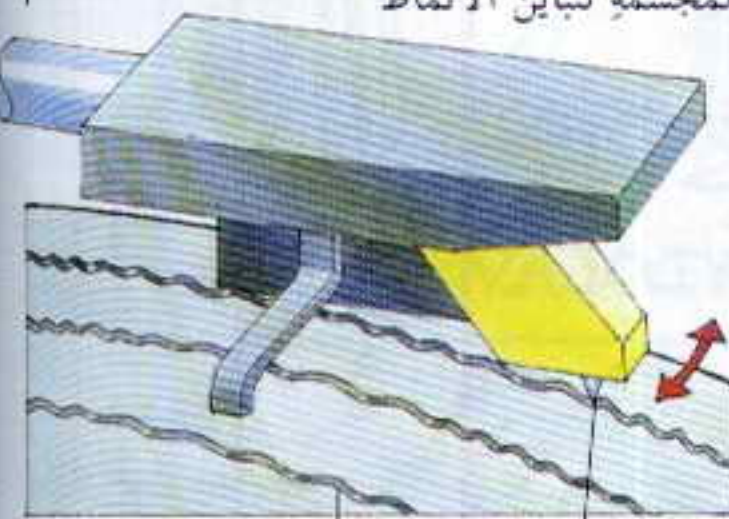
ستوديو التسجيل

تجري التسجيلات بمزج (وتوليف) الأصوات من الآلات المختلفة والمُغنين، وليس من الضروري تسجيل كل شيء دفعة واحدة - إذ يستطيع مهندس الصوت إضافة الأصوات واحداً فوق الآخر. فهو يوجه عملية المزج بتحريك مقاليذ انزلاقية على نُضْدِ التوليف.



الأسطوانات

تهتز إبرة معرّفة الأسطوانات (الفونوغراف) أثناء مسيرها في حز الأسطوانة تبعاً لِنَمَطِ الأمواج الصوتية المُسجلة عليها. وهذه الاهتزازات تستثير إشارات كهربائية في رأس اللاقط. في الأسطوانات المُجَسِّمَةِ تَبَايُنُ الأنماط قليلاً على جانبي الحز فتُخْرُجُ الأصوات المختلفة من الجهازين الأيمن والأيسر (مُجَسِّمَةً).

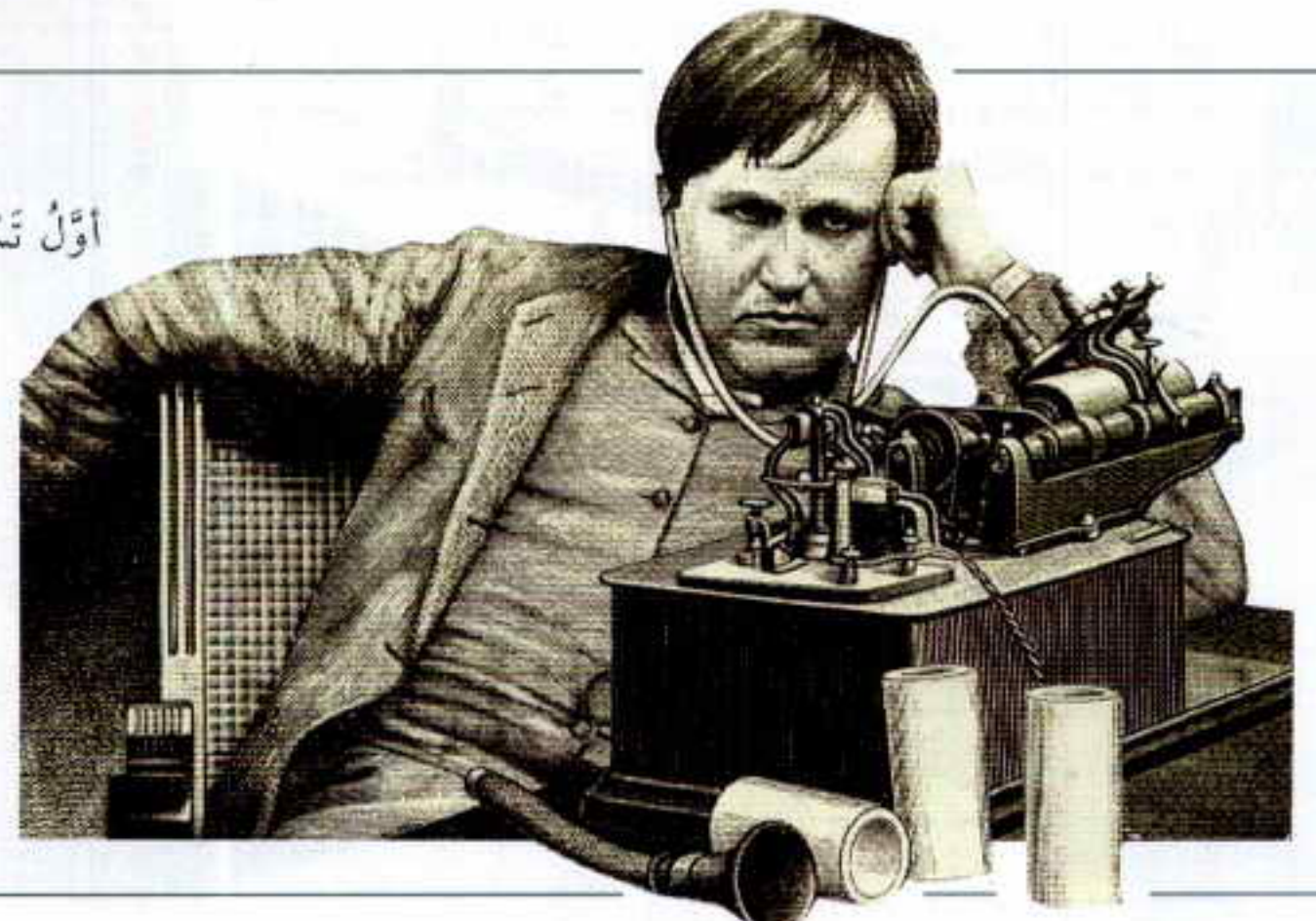


تثري إبرة
المعرّفة في الحز.

الحز طوله ٤٠٠
متر وأكثر!

توماس إديسون

أول تسجيل صوتي كان عام ١٨٧٧، أجره توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١) لكلمات إحدى أناشيد الأطفال سجلها بصوته على فونوغرافه. وقد أُجري هذا التسجيل بخدش حز في أسطوانة شمعية. ولم يكن فونوغراف إديسون يعمل كهربائياً، بل اعتمد فقط على الاهتزازات الميكانيكية للإبرة في تسجيل الأصوات واستعادتها.



لمزيد من المعلومات انظر

- أشباه الفلزات ص ٣٩
- المغناطيسية ص ١٥٤
- الكهرمغناطيسية ص ١٥٦
- الأصوات الإلكترونية ص ١٨٩

الأصوات الإلكترونية

جميع الأصوات المعروفة، بما فيها الصوت البشري، يمكن إحداثها إلكترونياً بتقنيات الأصوات الرقمية. وتستطيع الآلات الإلكترونية أيضاً تخليق أصوات جديدة بالكامل. فالآلات الصوتية يمكن أن يُستبدل بها أصوات مُخلقة أو عينات صوتية تُعزف إقبالاً أو إدباراً أو بطبقة مختلفة أو يمكن مُعالجتها حاسوبياً بأساليب متنوعة. كما يمكن أيضاً إضافة الأصداً والترجيحات إلى الأصوات إلكترونياً. والواقع إنه من الممكن لشخص يعمل بمفرده على لوحة مفاتيح وحاسوب، في غرفة صغيرة، أن يُخلق أصوات أوركسترا بكاملها.



الراس الآلي يُغيّر
توتر الأوتار بحيث
يمكن نوتتها.

مُعالج المؤثرات يمكنه إضافة
الصدى أو الضبابية أو
التشويه إلى صوت الجيتار.

عند تذبذب
الأوتار تُنتج
اللاقطات الصوتية
تحتها إشارات
كهربائية
صغيرة.

يتحكم عازف
الجيتار بمعالجة
الإشارات
بذؤاسة قدميه.

المُضخم يُضخم
الإشارات من الجيتار
لتشغيل المُجهز.

المؤثرات الخاصة

يتم تأليف الموسيقى الإلكترونية والتأثيرات المرافقة، للإذاعة والتلفزة، في مشغل راديو فوني. في بدايات البث الإذاعي، كانت أصوات الرعد مثلاً، تُنتج بهزة صفائح معدنية كبيرة؛ وأصوات وقع حوافز الخيل بالنقر على قشور جوز الهند. أما اليوم، فيمكن تخليق هذه الأصوات إلكترونياً.



الأصوات المُولفة

المُولفة آلة موسيقية تُخلق الأصوات إلكترونياً. المُولفة التي صممها المهندس الأمريكي روبرت مونغ في الخمسينيات، كانت تُعزف نغمة واحدة في كل مرة، أما المُولفات الرقمية الحديثة فيمكنها إنتاج ترتيبات مُعقدة جداً من الأصوات. فالبروفسور ستيفن هوكينغ، الذي لا يستطيع التكلّم، يتواصل مع الناس مُستخدماً حاسوباً يُخلق الكلمات.



تُدخل الكلمات إلى الحاسوب عبر لوحة المفاتيح - فيُنطق بها بصوت مُولف.



البنية الرقمية للآلات

الموسيقية (منظومة ميدي)

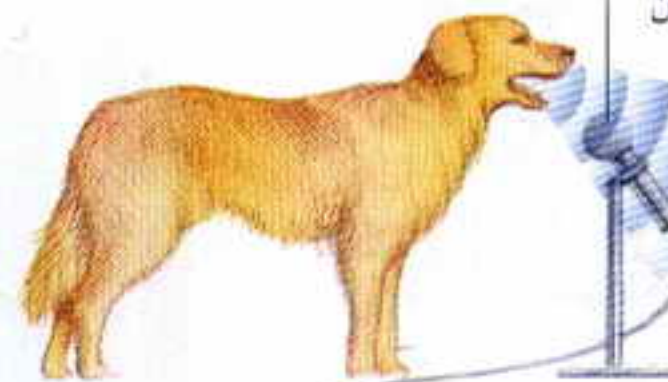
هذه المنظومة الرقمية بين الآلات الموسيقية تمكن الحاسوب من استشارة الآلات المختلفة، كلوحات المفاتيح ومكائن الطبول، إلى العمل لتُصدر الأصوات معاً أو على التوالي. ولهذا يعني أن المُولف الموسيقي، باستخدامه هذه المنظومة، يستطيع وضع موسيقى الأفلام السينمائية والتلفزيونية والأغاني الشعبية - دون حاجة إلى الاستعانة بجوقة موسيقية أو أوركسترا.

الجيتار الكهربائي

الصوت الذي يُحدثه الجيتار الكهربائي بذاته ضئيل نسبياً، لكنه بالكهرباء يُعزف ويُضخم. فإنباض الأوتار المعدنية يهزها، وتتحول هذه الذبذبات إلى إشارات كهربائية صغيرة في اللاقطات تحت الأوتار. وهذه الذبذبات بدورها تُضخم وتُعالج لجعل صوت الجيتار واضحاً أو ضبابياً، غدياً ناعماً أو أجش خشناً.

اختيار النماذج

يُسجل مُنتقى النماذج الأصوات الطبيعية ويُخزنها رقمياً. وعند الاستعادة، يمكن تبديل الأرقام لتغيير ترددات الصوت الأصلي وبالتالي طبقته. وهكذا يستطيع مُنتقى النماذج تركيب سُلّم موسيقي حتى من صوت كلب يتبحر.



يُسْتَعَاد الصوت
بواسطة لوحة المفاتيح.

تُخترن الأصوات رقمياً
في مُنتقى النماذج.



لمزيد من المعلومات انظر

- الحواسيب ص ١٧٣
- قياس الصوت ص ١٨٠
- انعكاس الصوت وامتصاصه ص ١٨٤
- الأصوات الموسيقية ص ١٨٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨

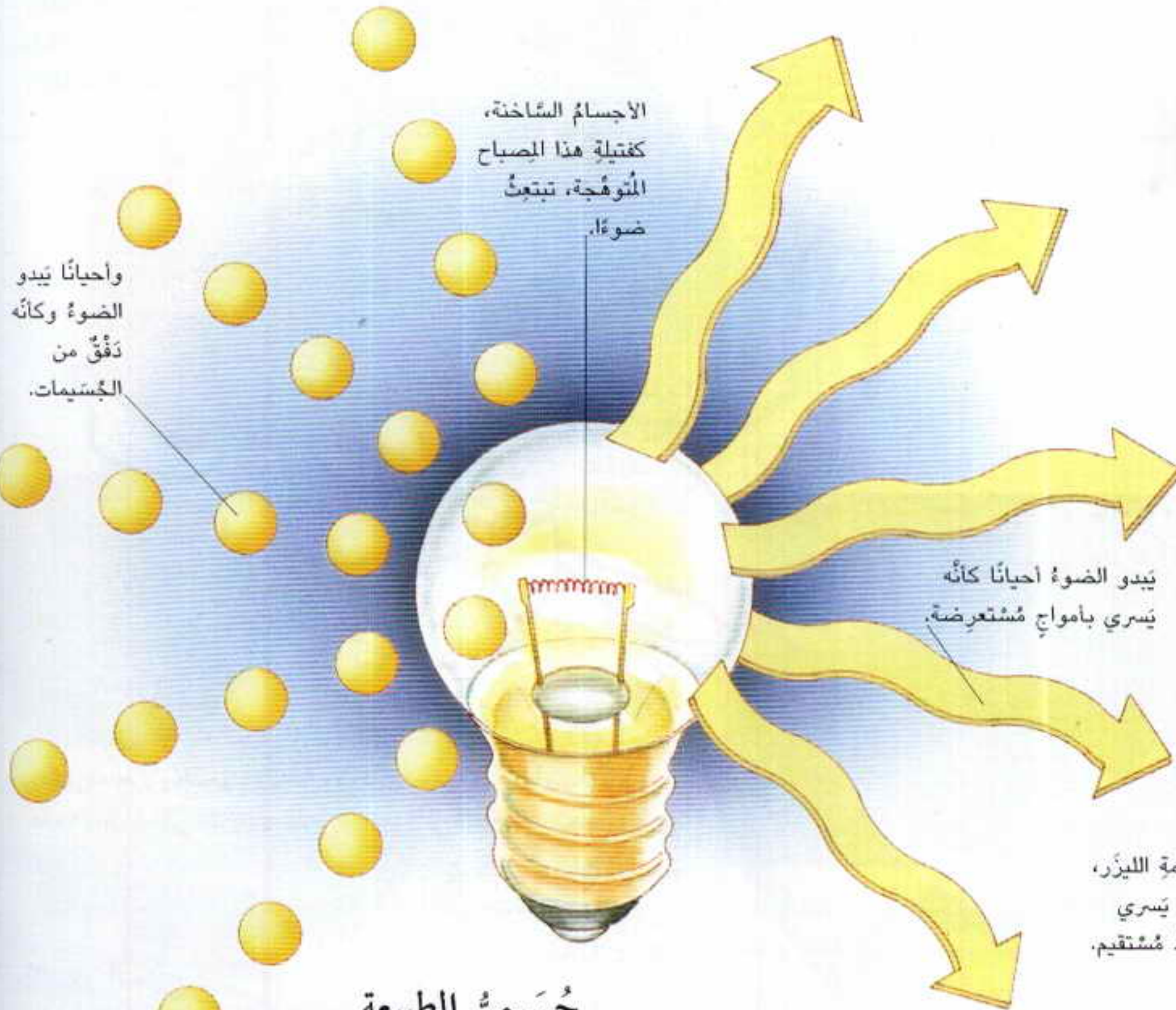
الضَّوْءُ

ما هو الضَّوْءُ؟ إنَّه شيءٌ نراه ونُفِئِدُ منه يوميًّا، لكنَّه قَلَمًا يُشْغِلُ تفكيرنا. وهو شكلٌ من أشكالِ الطاقة؛ فطاقةُ الشَّمْسِ هي مصدرُ القُدرةِ لِمُخْتَلِفِ الكائناتِ الحيَّةِ على الأرض. يَسْري الضَّوْءُ بِسُرعةٍ فائقةٍ جدًّا؛ فما أن تفتَحَ مِقلادَ المِصباحِ الكهربائيِّ حتى يَعمُرَ الضَّوْءُ المكانَ، إذ يَسْري الضَّوْءُ بِسُرعةٍ ٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية؛ وهي السُّرعةُ الحَدِيَّةُ القُصوى في الكون، ولا شيءٌ يَستطيعُ تجاوزَها. أحيانًا يَظْهَرُ الضَّوْءُ كأنَّه ذو طَبيعةٍ مَوْجِيَّةٍ؛ لكنَّه، بخلافِ أمواجِ الصوتِ والماءِ، يَنْتَقِلُ في الفراغِ أيضًا؛ وأحيانًا يَبدو الضَّوْءُ وكأنَّه دَفْقٌ من الجُسيماتِ. يَنبَعثُ الضَّوْءُ عادةً من الأجسامِ السَّاخنة - كالشَّمْسِ واللَّهبِ، لكن يُمكنُ توليدُه بِطَرِيقٍ أُخرى أيضًا. فالكهرباءُ تَنبَعِثُ الضَّوْءَ وكذلك بعضُ التفاعِلاتِ الكيماويَّةِ - كِتِلِكَ التي تَحْدُثُ في الحُبابِ فتَجْعَلُها تَوهَّجُ في الظُّلْمَةِ.



الطاقة الضوئية

يُمكنُكَ تَحْسُّسُ الطاقةِ الضوئيةِ وأنت تَشْمَسُ. فِضْوَءُ الشَّمْسِ يَدْفِئُ جِسمَكَ ويُحْدِثُ في جِلْدِكَ تفاعِلاتٍ كيماويَّةً تَسْقَعُهُ وتَلْفَحُهُ. إنَّ كَمِّيَّةَ الضَّوْءِ الساقِطِ على مترٍ مُربَّعٍ واحدٍ من سَطْحِ الأرضِ يُمكنُها تَشْغِيلُ عَشْرَةِ مصابيحٍ كهربائيَّةٍ. ومَحْطَّاتُ القُدرةِ الشَّمْسيَّةِ تُسَخِّرُ هذه الطاقةَ بِاسْتِخدامِ مَرايا لِتَركِيزِ أشْعةِ الشَّمْسِ في مُستَقْبَلٍ مركَزيٍّ يُحوِّلُ الماءَ إلى بَخارٍ؛ وهذا بِدَوْرِهِ يُسْتَخْدَمُ في توليدِ الكهرباء.



جُسيمِي الطَبيعةِ أم مَوْجِيَّها؟

إِعتَقَدَ إسْحاقُ نِيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧) أنَّ الضَّوْءَ يتألَّفُ من جُسيماتٍ مِجْهرِيَّةٍ تُشَبِّهُ كُرَاتِ البِلْيَارِ الدَّقِيقَةِ. فيما اقترحَ الرِياضيُّ الهولَندِيُّ، كريستِيان هِيْجَنز (١٦٢٩-١٦٩٥) أنَّ الضَّوْءَ حَرَكَةٌ مَوْجِيَّةٌ كَأَمْواجِ الصوتِ أو الماءِ. أمَّا نَظْريَّةُ الكَمِّ الحَدِيثَةُ فَتَعْلَلُ خواصَّ الضَّوْءِ المَوْجِيَّةَ، في بعضِ الحَالاتِ، وخواصَّه الجُسيمِيَّةَ في حَالاتٍ أُخرى بِطَبيعَتِهِ المَزْجُوجَةِ.



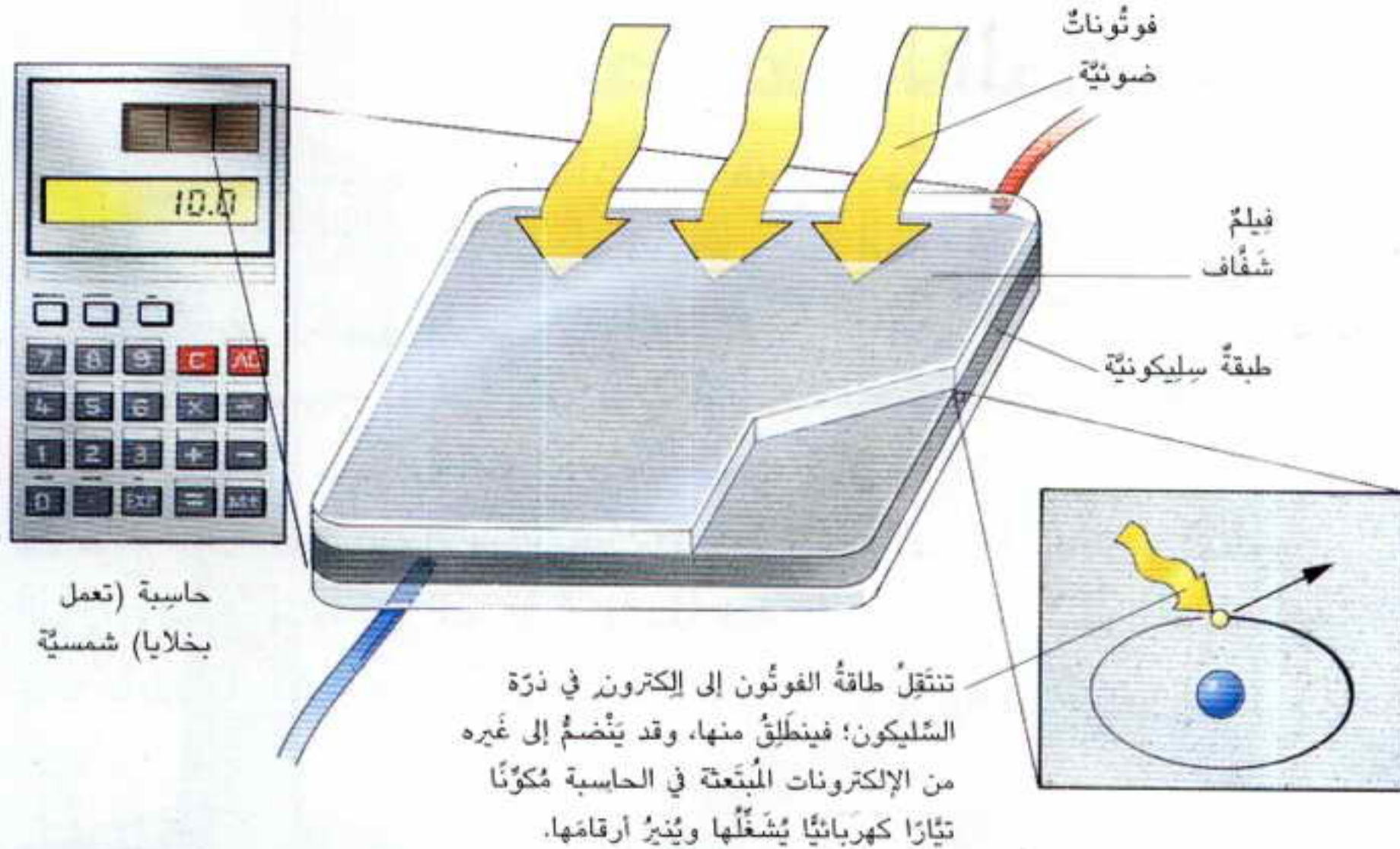
الانعكاس والانكسار

يَسْري الضَّوْءُ في الفراغِ بِخَطِّ مُستَقِيمٍ، لكنَّه يَنحَرِفُ، مُعَيَّرًا إِنْجَاهَهُ، عَندما يَنْتَقِلُ من وَسْطٍ شَفَّافٍ إلى آخَرٍ. بعضُ السَطُوحِ، كالمِرايا، يَعمُرُ الضَّوْءَ كما تَرْتَدُّ الكُرَةُ من سَطْحٍ صُلْبٍ. أمَّا المَوادُّ الأُخرى، كالماءِ والرُّجَاجِ، فَتَكمِيزُ الحَزْمَ الضَّوْئِيَّةَ، مُبْطِئَةً سُرْعَتَها ومُعَيِّرَةً اتِّجَاهَها قَلِيلًا، عَندَ انْتِقالِها إِلَيْها من الهَواءِ.

تَنكسرُ حُرْمَةُ اللِيزَرِ عَندَ انْتِقالِها كُتْلَةً زَجاجِيَّةً، فَيَنحَرِفُ مَسارُها عَندَ انْتِقالِها من الهَواءِ إلى الرُّجَاجِ.

الظَّاهِرَةُ الكَهْرَضَوِّيَّةُ

أشعة الضوء الساقطة على فلز، ذي خاصية كهروضوئية، تتبع بعض الإلكترونات من ذرات ذلك الفلز. ونستخدم هذه الظاهرة الكهروضوئية في الخلايا الشمسية التي تُمد الحاسبة الإلكترونية الشمسية بكهرباء تولدها من الضوء. إن زيادة شدة الضوء لا تزيد سرعة الإلكترونات المبعثة، بل تزيد عددها. وذلك يمكن تعليله فقط باعتبار الضوء رزمًا صغيرة من الطاقة الضوئية تدعى فوتونات. فعندما يصدم الفوتون ذرة تتقل طاقته إلى أحد إلكترونات الذرة فينبطل، مبتعثًا، منها. وبازدياد الفوتونات تزداد الإلكترونات المبعثة (المنطلقة) من الذرة.



تنتقل طاقة الفوتون إلى إلكترون في ذرة السليكون؛ فينبطل منها، وقد ينضم إلى غيره من الإلكترونات المبعثة في الحاسبة مكونًا تيارًا كهربائيًا يُشغلها ويُنير أرقامها.

نَظَرِيَّةُ الكَمِّ

الفيزيائي الألماني، ماكس بلانك (١٨٥٨-١٩٤٧)، كان أول من أرتأى أن الضوء ليس موجي الطبيعة فقط ولا جسيمِي الطبيعة فقط، بل إن له خصائص الطبيعة. وقد وسع ألبرت أينشتين هذه النظرية فيما بعد - معتبرًا انعكاس الضوء وانكساره وانعراجة، مظهرًا لطبيعته الموجية بترددات وأطوال موجية، كأموج الصوت. أما ظاهرة ابتعاث الذرات وامتصاصها للضوء فمظهر لكون الضوء دَفَقًا من الجسيمات تُعرف بالفوتونات؛ كل منها يحمل كمية معينة من الطاقة. وهذا هو مُجْمَلُ نظرية الكم.



الحَيُودُ والتَّدَاخُلُ

إذا عبرت الحزمة الضوئية شقًا ضيقًا فإنها تنحرف قليلًا عند حافته وتنتشر. وكلما ازداد تضيق الشق، يتسع الانتشار، ويُعرف هذا بالحيود (أو الانعراج). يمكنك مشاهدة هذه الظاهرة إذا خزرت (صيّقت) عينيك نظرًا إلى مصابيح الشارع عبر أهداب أجفانك. إذا تراكبت حزمتان متعرجتان فالنمط الذي تُكوّنه لا يمكن تعليله إلا باعتبار الضوء أمواجًا من ذرى وبُطون. فحيث تتلاقى (وتتطابق) ذروتان (أو بطنان)، تظهر بقعة نيرة؛ أما حيث يلتقي بطن مع ذروة فإنهما يلغيان أحدهما الآخر، فنظهر بقعة مظلمة؛ ويُعرف هذا بالتداخل.



سُرْعَةُ الضَّوِّ

يسري الضوء بسرعة فائقة جدًا بحيث لا يمكن قياس زمن أنيقاله بأي ساعة عادية. لكن الفيزيائي الفرنسي، أرمان إيبوليت فيزو (١٨١٩-١٨٩٦)، حقق قياسًا عمليًا لسرعة الضوء عام ١٨٤٩. فقد أرسل حزمة ضوئية عبر أسنان دولاب مُسنّن نحو مرآة على بُعد ٩ كم؛ وسرع دوران الدولاب حتى أمكن مشاهدة حزمة الضوء المنعكسة عبر فجوات الأسنان دون انقطاع. فأدرك فيزو أن الضوء قد سري نحو المرآة وعاد منها في الوقت الذي استدار فيه الدولاب سِنًّا واحدة.

الضوء من المصدر
ينعكس على المرآة
عائدًا مُباشرةً من بُعد
٩ كم.

مصدر
الضوء

يُسرع المراقب دوران
الدولاب حتى
يرى حزمة الضوء
متواصلة.

يدور الدولاب المُسنّن بسرعة فائقة
بحيث إن حزمة الضوء المنطلقة نحو
المرآة من فجوة بين سِنّين تعود عبر
الفجوة التالية.

لمزيد من المعلومات انظر

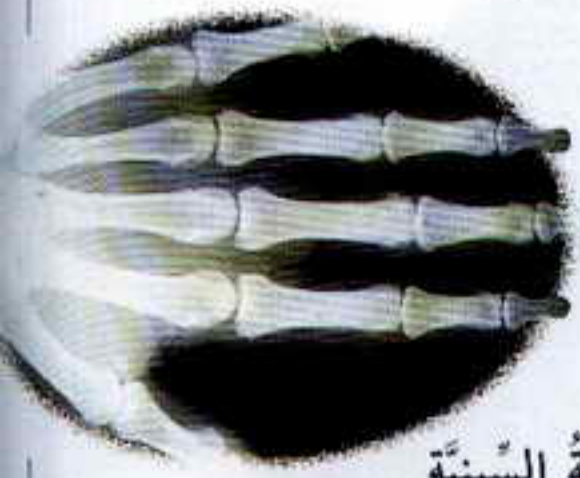
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الصوت ص ١٧٨
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠

الطِّيفُ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيّ

كما ينتقل الضَّوُّ أمواجًا، كذلك أشكال الطاقة الأخرى بما فيها الأمواج الراديويَّة والصُّغْرِيَّة (الميكرونيَّة) وفوق البنفسجيَّة؛ وهي كُلُّها أمواجٌ كهْرِمَغْنَطِيسِيَّةٌ تُؤَلَّفُ في مُجْمَلِها ما يُدعى الطِّيفُ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيّ. إنَّ ألوانَ قَوْسِ قُزَحٍ هي الجزء الوحيدُ المرئيُّ في هذا الطيف، فكلُّ الأمواج الأخرى غيرُ مرئيَّة. إنَّ جميعَ هذه الأمواج تسري بِسرعةِ الضَّوِّ، لكنَّ كُلَّ مجموعةٍ منها لها أطوالٌ موجيَّةٌ مختلفةٌ، وتحملُ كمِّيَّاتٍ مُتباينةً من الطاقة. فالأمواجُ دُونَ الحمراء والأمواجُ الصُّغْرِيَّة والراديويَّة أطولُ أمواجًا من الضَّوِّ المرئيِّ وتحملُ طاقةً أقلَّ منه. أمَّا الأشعَّةُ فوق البنفسجيَّة والأشعَّةُ السَّيْنِيَّةُ وأشعَّةُ جاما فأطوالها الموجيَّةُ أقصرُ من الضَّوِّ المرئيِّ وتحملُ طاقةً أكثرَ منه.

أشعَّةُ جاما

أشعَّةُ جاما شديدةُ الإخْراقِيَّة وهي تحملُ كمِّيَّاتٍ كبيرةً من الطاقة بحيثُ تُتلفُ الخلايا الحيَّة إذا مرَّت عَبْرَها. تُنبعثُ أشعَّةُ جاما من نوى الدَّرَّاتِ الإشعاعيَّة في التَّفاعلات والانفِجارات النَّوويَّة.



الأشعَّةُ السَّيْنِيَّةُ (أشعَّةُ إكس)

الأشعَّةُ السَّيْنِيَّةُ فيها من الطاقة ما يجعلها تخترقُ طبقةً سميكةً من المادة - بما فيها الجِسمُ البشري. وفي صورةٍ شعاعيَّةٍ تَظْهَرُ أجزاءُ الجِسمِ الكثيفة ظلالاً.



الأمواجُ فوق البنفسجيَّة

يحتوي ضوءُ الشَّمْسِ أشعَّةً فوق بنفسيَّة. والكمِّيَّاتُ القليلة من هذه الأشعَّة مُفيدةٌ لنا، لكنَّ الكمِّيَّاتِ الكبيرة منها قد تؤذي عُيوننا، وتُسبِّبُ سَرطانَ الجلد. وهذه الأمواجُ هي التي تُسبِّغُ الجلدَ وتكسبه سُمْرةً برونزيَّة.



الأمواجُ دُونَ الحمراء

تُنبعثُ جميعُ الأجسام الدافئة أشعَّةٌ دُونَ الحمراء. وتُستخدَمُ هذه الأشعَّةُ في التَّقاطِ صُورٍ فوتوغرافيَّة خاصة، تُدعى صُورًا حراريَّة، يُبيِّنُ كُلُّ لَوْنٍ فيها درجةَ حرارة جِلْدِيَّةٍ مُختلفةٍ تتراوحُ بين الأصفر (أحماها) والأزرق (أبردها).

الشَّمْسُ مُصدِّرٌ للأمواج الكَهْرِمَغْنَطِيسِيَّة.

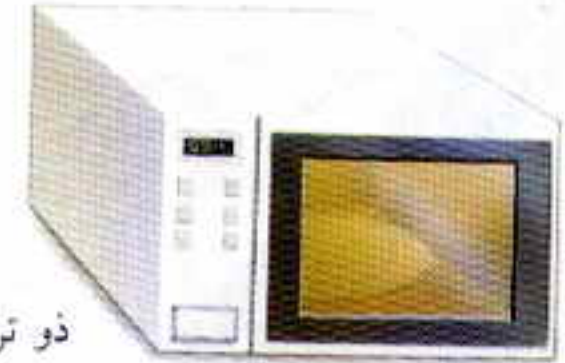


الأمواجُ الراديويَّة

تتراوَحُ الأطوالُ الموجيَّةُ للأمواج الراديويَّة المُستخدَمة في البَثِّ الإذاعي والتِّلْفِزيوني بينَ مئاتِ الأمتار وبِضعِ عشراتٍ من السَّتِمرات. وهناك علاقةٌ وثيقةٌ بينَ حجمِ الهوائيِّ اللازمِ لِإِلتِقاطِ الإشاراتِ الراديويَّة (اللاسلكيَّة) وبينَ الطولِ الموجيِّ.

الأمواجُ الصُّغْرِيَّة

الأمواجُ الصُّغْرِيَّةُ أقصرُ الأمواجِ الراديويَّة، وهي تُستخدَمُ في إرسالِ إشاراتِ الرادار. بعضُ الأمواجِ الصُّغْرِيَّة ذو تردُّدٍ مُساوٍ لتردُّدِ جُزيئاتِ الماء، فيمكنُ استِخدامُ هذه الأمواجِ في إنضاجِ الطعام الرُّطْب، إذ تتحوَّلُ طاقتها إلى حرارةٍ بتذبذبِ جُزيئاتِ الماء.



جيمس كلارك ماكسويل

وضع الفيزيائي الإسكتلندي، جيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١-١٨٧٩)، مُعادلاتٍ في الكهرباء والمِغْنَطِيسِيَّة تُفسِّرُ ظواهرَ الأمواجِ الكَهْرِمَغْنَطِيسِيَّة قبل اكتشافها. فبعد حوالي ١٥ عامًا من نُشْر تلك المُعادلات استطاع هِنْرِيخ هِرْتز إنتاجَ الأمواجِ الراديويَّة (اللاسلكيَّة) وتعرُّفها لِلْمَرَّةِ الأولى.



لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي (الفاعليَّة الإشعاعيَّة) ص ٢٦
- البُلُورات ص ٣٠
- الرَّادِيو ص ١٦٤
- التِّلْفِزيون ص ١٦٦
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢

مَصَادِرُ الضَّوْءِ

كُلُّ جِسْمٍ فِي الكَوْنِ يَبْتَعِثُ أمواجًا كهْرَمَغْنَطِيْسِيَّةً - من النُّجُوم إلى الشَّجَر حتَّى الأجسام البشريَّة. هذه الأمواجُ غير مرئيَّة في معظم الأوقات والحالات لأنَّ تردُّداتها أقلُّ من تردُّداتِ الضَّوء المرئيِّ. لكنَّ إذا سُخِّنَ الجِسْمُ تدريجيًّا، يَزْدَادُ تردُّدُ الإشعاعاتِ، فتُصْدِرُ ضَوْءًا مرئيًّا. تبدأ الأجسام بالتوهُّج الأحمر الباهت على درجة ٥٠٠° س، ويُصْبِحُ التَّوهُّجُ بُرْتَقَالِيًّا ناصعًا على درجة ٢٠٠٠° س، ويبلُغُ دَرَجَةَ الإبيضاظ على ٥٠٠٠° س، مُبْتَعِثًا جميع ألوان الطيف المرئيِّ. لكنَّ إصدار الضَّوء ليس مقصورًا على الأجسام الساخنة فقط، فالتيار الكهربائيُّ المارَّ عَبْرَ غازٍ يُشِيرُ إلكتروناؤه التي تُطلِقُ لَاحِقًا طاقتها الإضافيَّة ضَوْءًا. والكيمائياتُ قد تُصْدِرُ الضَّوءَ أيضًا، فأنماط التوهُّج على طول أجسام بعض أسماك الأعماق تُنتِجُ عن تفاعلات كيمائيَّة.



صَمَّجَة إديسون

صنَّع المُخْتَرَعُ الأمريكيُّ، توماس إديسون (١٨٤٧-١٩٣١)، أوَّلَ صَمَّجَة كهربائيَّة عمليَّة عام ١٨٧٩. فقد مرَّرَ تيارًا كهربائيًّا عَبْرَ فتيلة كربونيَّة بداخلها، لإحماؤها، فتوهَّجتُ بِضَوْعٍ لَافٍ. وتحوي الصَّمَّجاتُ الحديثةُ فتائلَ من التنجستن تُسخَّنُ إلى درجة تُقاربُ ٣٠٠٠° س.

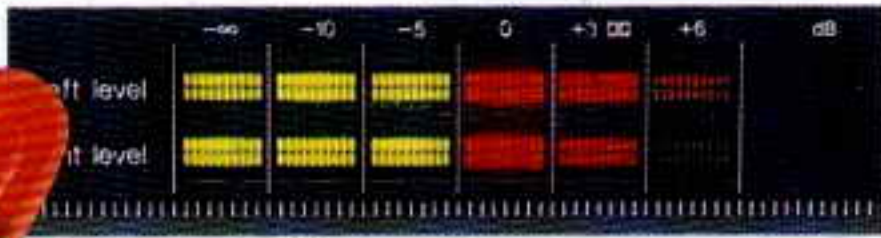


المِظْيِف (السيكرومتر)

المَوْشُورُ الرُّجَاجِيُّ يَحْرِفُ أَتْجَاءَ ألوانِ الضَّوءِ المُخْتَلَفَةِ بِكَمِّيَّاتٍ مُتَفَاوِتَةٍ؛ وبذلك يُحَلِّلُ المِزِيجَ الضَّوئِيَّ إلى طيف. وَيُسْتَخْدَمُ المِظْيِفُ (مقياسُ الطيف) مَوْشُورًا يُفَرِّقُ الضَّوءَ، من مَصْدَرٍ ضوئيٍّ، إلى طيف. وتُحدَّدُ أطوالُ الضَّوءِ المَوْجِيَّةِ في الطيف ماهيَّةُ العنصرِ المُتَوَاجِدَةِ في المَصْدَرِ.

الدَّايُوداتُ الضَّوَّاءَةُ

يُمْكِنُهَا إنتاجُ الضَّوءِ الأحمرِ والبُرْتَقَالِيِّ والأصفرِ والأخضرِ.



تُسْتَخْدَمُ الدَّايُوداتُ الضَّوَّاءَةُ أحيانًا في أَطْرٍ عَرْضِ الحاسباتِ ومُسْجَلاتِ النِّقْذِ والسَّاعاتِ الرُّقْمِيَّةِ.

الدَّايُوداتُ الضَّوَّاءَةُ

يُحوي الكثيرُ من الأنظمة الحديثة العالية الأمانة أَطْرَ عَرْضِ من الدَّايُوداتِ الضَّوَّاءَةِ. وهذه تحوِّلُ الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئيَّة - فتَبْتَعِثُ ضَوْءًا عندَ مُرُورِ تيارٍ عَبْرَها. وهذه الدَّايُوداتُ صغيرةُ الحجم، تستهلك تيارًا قليلًا جدًّا، وتَدُومُ طويلًا بالمُقارَنة مع الصَّمَّجاتِ ذاتِ الفتائلِ.

الطيف الشمسي

تبلُغُ درجة حرارة سطح الشَّمْسِ ٥٥٠٠° س؛ وتَبْتَعِثُ جميع ألوان الطيف المرئيِّ على هذه الدَّرَجَةِ. لكنَّ الذَّرَّاتِ في الطبقات الخارجية الباردة من جَوِّ الشَّمْسِ تمتصُّ تردُّداتٍ مُعَيَّنَةً من الضَّوءِ المارَّ عَبْرَها - مِمَّا يُحْدِثُ حُطُوطًا مُظْلِمَةً في الطيف الشمسي تُعرَفُ بِحُطُوطِ فراونهُوفر.

تُنتِجُ الغازاتُ المختلفةُ أضواءَ مُخْتَلَفَةَ الألوان. فالنَّيُونُ مثلاً، يَبْتَعِثُ دائمًا ضَوْءًا أَحْمَرَ.



أضواء النيون

الأنبوبُ الرُّجَاجِيُّ المملوءُ بالغاز يُصْدِرُ ضَوْءًا عندما يَسْري خِلالَهُ تيارٌ كهربائيٌّ. ويَحْدِثُ ذلكَ لَيسَ لأنَّ الغازَ ساخنًا، بل لأنَّ إلكتروناؤه الغاز تُعْطِي طاقةً تَفْقِدُها لاحقًا بِأَبْتَعَانِها ضَوْءًا.

مواقع حُطُوطِ فراونهُوفر تُبيِّنُ العنصرَ المُتَوَاجِدَ في جَوِّ الشَّمْسِ.



غوستاف كيرتشفوف

الفيزيائيُّ الألمانيُّ، غوستاف كيرتشفوف (١٨٢٤-١٨٨٧)، درسَ الأطياف الضوئيَّة بِمِظْيِف (سيكرومتر) طَوَّرَهُ بِمُعاوَنَةِ الكيمائيِّ روبرت بِنزن. وقد لاحظَ أنَّ الذَّرَّاتِ والجُزْئِيَّاتِ المُنفَرِدة تَبْتَعِثُ ألوانًا مُعَيَّنَةً فقط عندَ تَسْخِينِها. وبذلك أدركَ أنَّ كُلَّ عُنْصَرٍ يُنتِجُ طيفًا مُتَمَيِّزًا من الحُطُوطِ المُلوَّنة يُمكنُ تحديدهُ هُوِيَّتَهُ بِهِ.



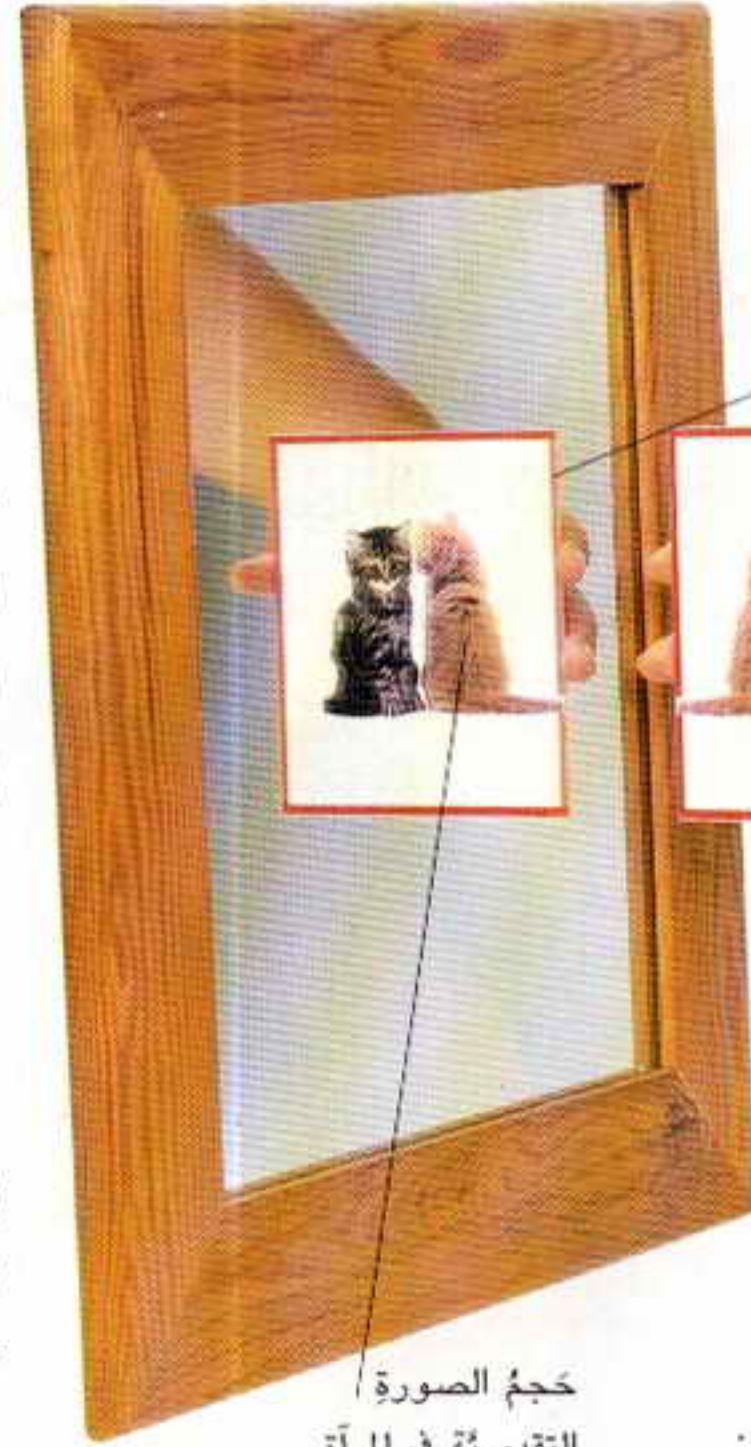
لمزيد من المعلومات انظر

- الغازات النبيلة ص ٤٨
- التفاعلات الكيميائية ص ٥٢
- موارد الكهرباء ص ١٦٠
- الألوان ص ٢٠٢

الانعكاس

نرى بعض الأشياء لأنها مُضيئة بذاتها - كالشمس أو صمجة النور؛ أما الأجسام غير المُضيئة فنراها بالضوء المنعكس، أي بأشعة الضوء المرتدة عنها. فنحن نرى القمر لأنه يعكس ضوء الشمس. الغازات، على العموم، غير مرئية لأنها، برقة قوامها المُفرطة، لا تستطيع من الضوء ما يكفي لرؤيتها؛ أما السوائل والجوامد فترى بوضوح. يعتمد مظهر الجسم المرئي على كمية الضوء التي يعكسها وعلى نسجة سطحه؛ فالسطح الأبيض المليس مثلاً، يعكس النور أكثر من سطح داكن خشن. أما السطح الذي لا يعكس أي ضوء فيبدو أسود.

صورة الجسم في المرآة المستوية مقلوبة يمين يسار. وهذا يعني أن جانب الجسم الأيمن يُصبح الجانب الأيسر للصورة.



الصورة المرآوية

هل لاحظت أن بُعد صورة الجسم في المرآة المستوية (المسطحة) خلفها مساوٍ لبعد الجسم أمامها؟ إن هذه الصورة ليست صورة حقيقية؛ فالواقع أن مصدر الضوء ليس من خلف المرآة، بل هو ضوء ينعكس من سطحها إلى أعيننا كأنه أت من جسم في موقع الصورة تماماً. لذا نسمي مثل هذه الصورة صورة تقديرية.

حجم الصورة التقديرية في المرآة المستوية مماثل تماماً لحجم الجسم.

مصدر ضوئي

انعكاس مرآوي

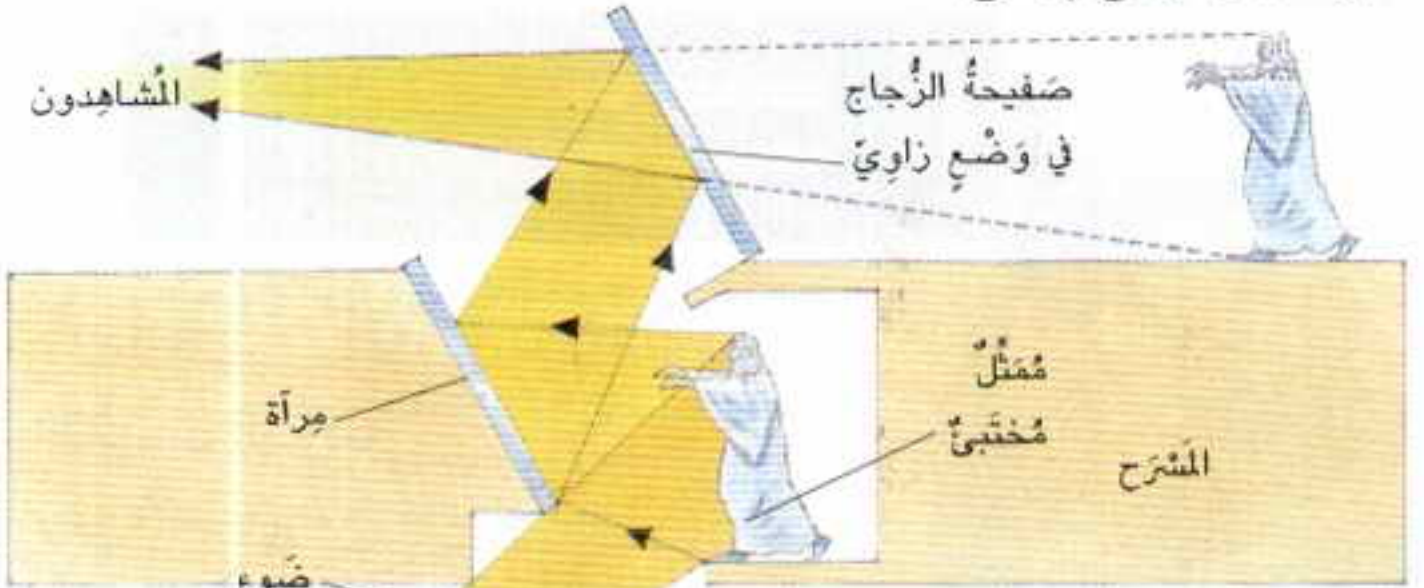
الضوء ينعكس من السطح المستوي بزاوية مُحَدَّدة. فالانعكاس المرآوي لحزمة ليزرية يكون بقعة ناصعة على الستارة.

صورة مُنعكِسة مصدر ضوئي

مرايا مُزدوجة الاتجاه

تعكس الصفيحة الزجاجية حوالي 5% من كمية الضوء الساقط عليها، وتنفذ الـ 95% الأخرى. وإذا كانت الإضاءة

متماثلة الشدة في كلا جانبيها، تبدو الانعكاسات ضعيفة. أما إذا كان أحد الجانبين ساطع الإضاءة والآخر مُظلياً، فيبدو الجانب النير كالمرآة، إذ لا يوجد ضوء نافذ يغطي على الانعكاس. فالتاس في الجانب النير يرون انعكاسات أنفسهم كما في مرآة. أما الناس في الجانب المُظلم فيرون الجانب الآخر، بالضوء النافذ، عبر صفيحة الزجاج بوضوح.



طيف شبحي

استُخدمت المرايا المزدوجة الاتجاه في مسارح القرن التاسع عشر لعرض صور شبحية. فكان الضوء المُسقط على مُمثل مُختبئ ينعكس على مرآة مائلة نحو صفيحة زجاجية كبيرة مُوازية، ومنها نحو المسرح. فحين يكون المسرح مُعتماً لا يرى المُشاهدون الصفيحة الزجاجية، بل يرون أمامهم شبحاً يظهر ويختفي!

انعكاس مرآوي

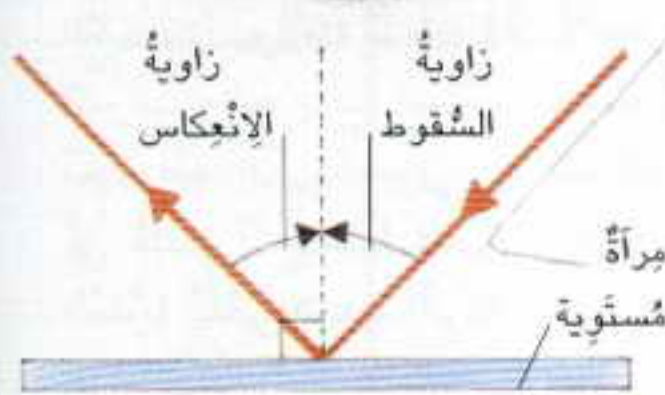
انعكاس إنتشاري

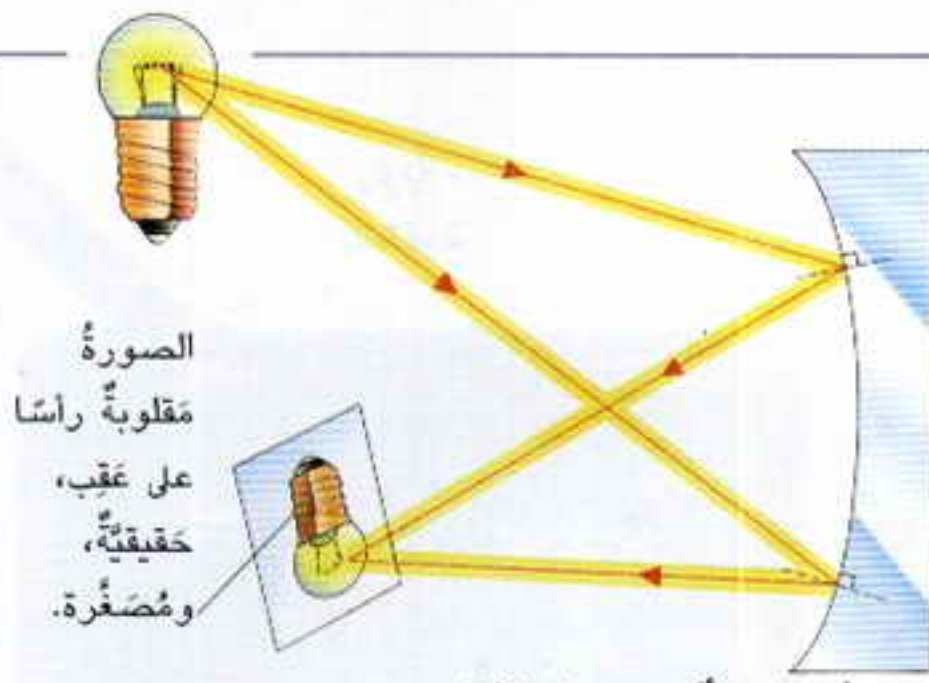
الانعكاس الإنتشاري

السطوح الخشنة تعكس الضوء مُتَشِرّاً - أي مُستطيراً في جميع الاتجاهات. فالانعكاس الإنتشاري لحزمة ليزرية يُنتج رُقعة ضوئية مُشوشة على الستارة.

هندريك لورنتز

استخدم الفيزيائي الهولندي، هندريك لورنتز (1853-1923)، نظرية جيمس كلارك ماكسويل عن الأمواج الكهرومغناطيسية لشرح كيفية انعكاس الضوء. فارتأى أن الإلكترونات تمتص الطاقة الضوئية ثم تبعثها ثانية بزاوية جديدة. وتؤكد نظرية لورنتز هذه قانون الانعكاس الذي ينص على أن زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط (أو الورود).

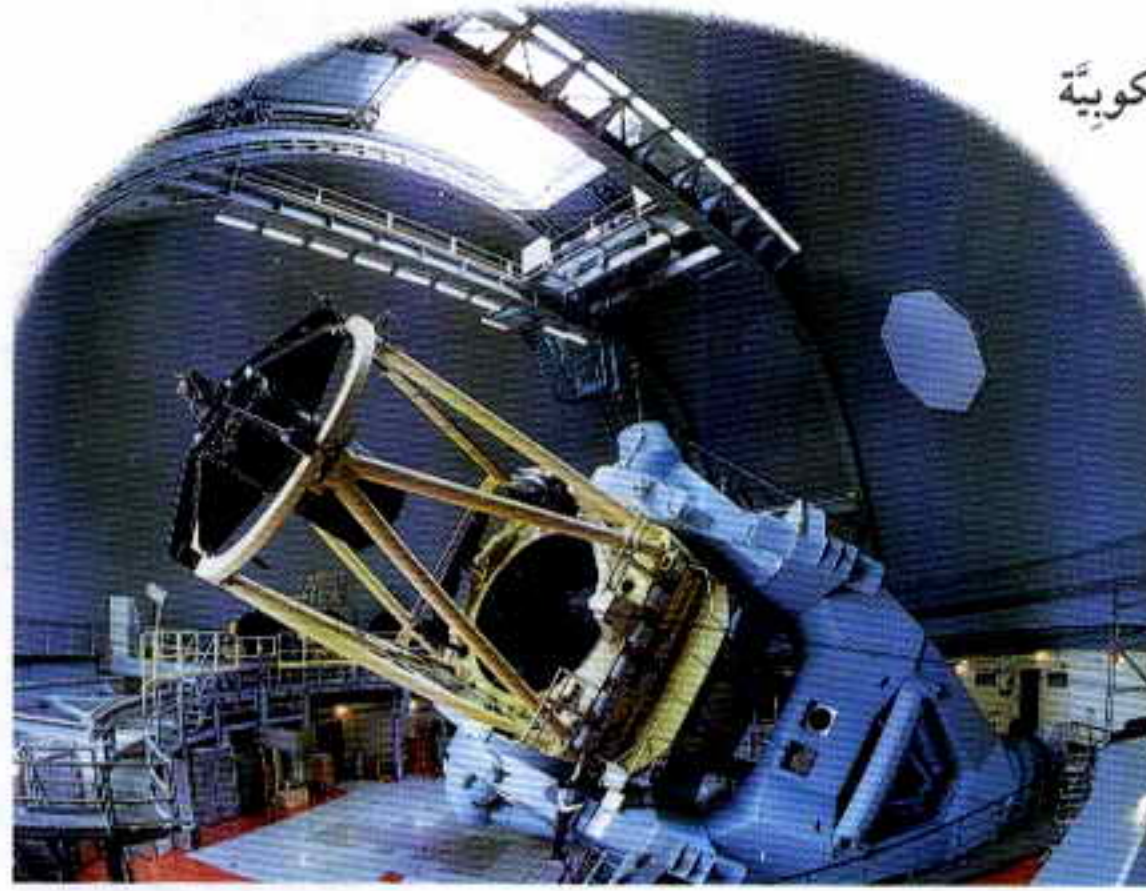




الصورة
مقلوبة رأساً
على عقب،
حقيقية،
ومضغرة.

صورة حقيقية في مرآة مقعرة

يُمكن تركيز الضوء الوارد من جسم بعيد بمرآة مقعرة وعرض صورته، المقلوبة رأساً على عقب، على سِتارة. ويعتمد حجم الصورة على المسافة بين الجسم والمرآة؛ فكلما اقترب الجسم من بؤرة المرآة يزداد حجم صورته.



المرايا التلسكوبية

تُستخدم أضخم التلسكوبات في العالم مرآة مقعرة كبيرة لتجميع ضوء النجوم البعيدة؛ فتلتقط أشعة الضوء المتوازية وتركزها في نقطة واحدة (تسمى البؤرة).

المرآة الرئيسية الكبيرة هي مرآة مقعرة يبلغ طول قطرها عدة أمتار.

الضوء المنعكس من المرآة المقعرة يُوجّه إلى مرآة أصغر تعكسه بدورها نحو الكاميرا لنتج صورة فوتوغرافية أو تلفزيونية.

مرآة القيادة

مرآة القيادة مرآة محدّبة، سطحها الضّيق مُقوّس إلى الخارج كقفا الملعقة. المرايا المحدّبة تعكس الضوء لنتج دائماً صوراً مضغرة وغير مقلوبة. وهذا مفيد إذا أردنا الحصول على مجال رؤية واسع كما في مرآة القيادة. فبذلك يتمكن السائق من رؤية مدى أوسع وأشمل على جانبي السيارة، من مدى المرآة المستوية.



حاجز

موجة
منعكسة



الأمواج المنعكسة تبدو كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز.

أمواج تقديرية

يُمكن تمثيل الطريقة التي تنتج فيها مرآة مستوية صورة تقديرية بواسطة الأمواج المائية. افترض أن الحاجز مرآة مستوية. فعندما تصدمه الأمواج الدائرية ترتد عنه، فتبدو الأمواج المنعكسة كأنها آتية من نقطة خلف الحاجز. ولما كانت هذه الأمواج لا تنطلق فعلاً من تلك النقطة، ندعوها صورة تقديرية.

المرايا الطريفة

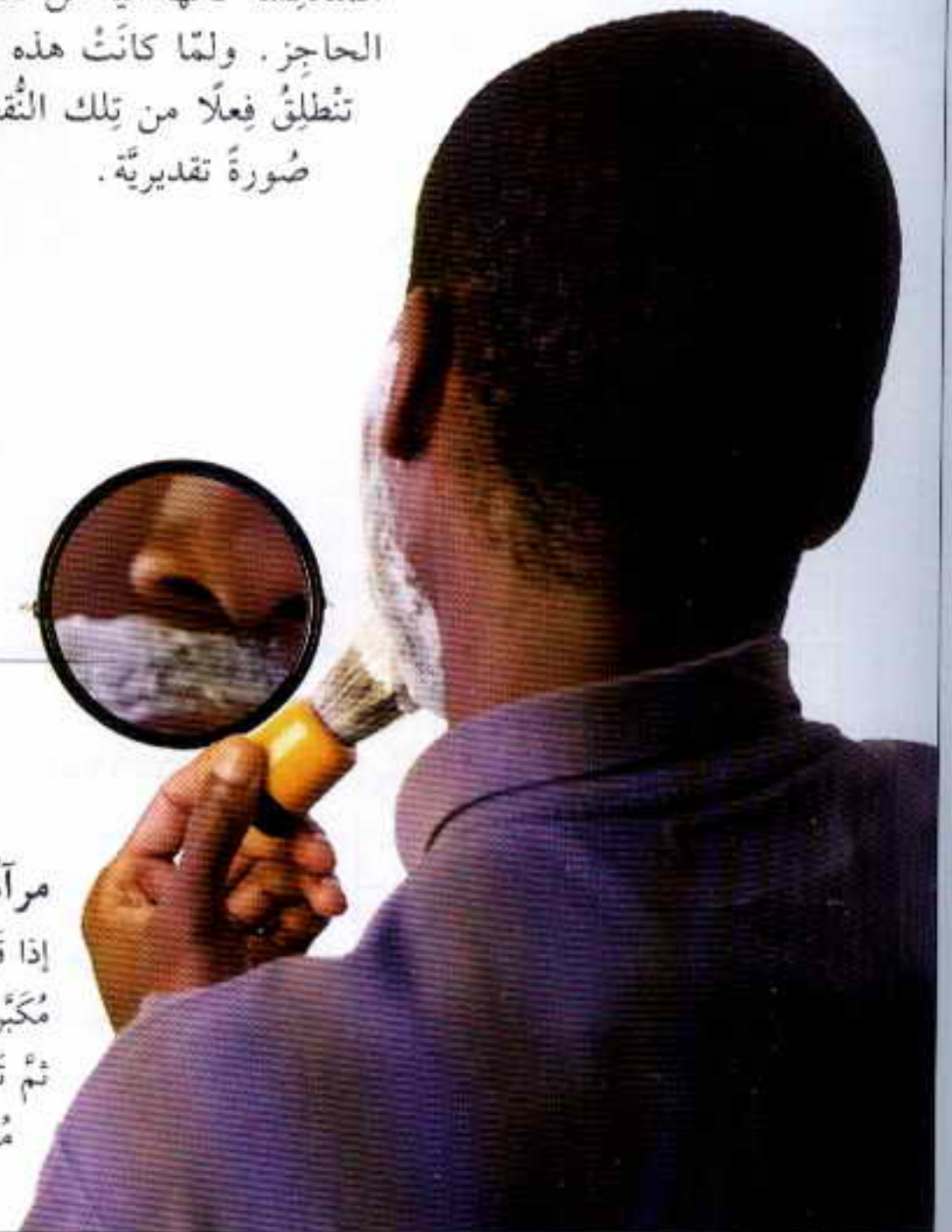
تُكوّن مرايا المعارض المتباينة التقوس صوراً مشوّهة قد تكون مخيفة ومُسليّة في الوقت نفسه. والحقيقة أن المرايا ذاتها هي المشوّهة إذ تجعلها سطوحها المتباينة التّقعّر والتّحدّب مرايا مقعرة، في مواقع - تجعل الأشياء أكبر، ومحدّبة في مواقع أخرى - تجعل الأشياء تبدو أصغر من واقعها. فإذا ما وقفت أمام إحدى تلك المرايا الطريفة، فقد ترى لك جسماً طويلاً رفيعاً وساقين قصيرتين غليظتين، فيما تبدو أجزاء أخرى من جسمك مقلوبة رأساً على عقب.



الصورة غير
مقلوبة، تقديرية،
ومكبرة.

مرآة الحلاقة

إذا قربت وجهك من مرآة مقعرة، ينعكس الضوء لنتج صورة مكبرة. لكن إذا ابتعدت عن المرآة، تصبح الصورة مضطربة ثم تظهر ثانية مقلوبة رأساً على عقب ومضغرة. يُمكنك مشاهدة مختلف أطوار هذه الظاهرة في السطح المقعر لملعقة صغيرة.



لمزيد من المعلومات انظر

- الطيف الكهرمغنطيسي ص ١٩٢
- العدسات ص ١٩٧
- الآلات البصرية ص ١٩٨
- الضوء والمادة ص ٢٠٠

الانكسار

يَسْرِي الضَّوْءُ فِي خُطُوطٍ مُسْتَقِيمَةٍ؛ لَكِنْ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مَائِلًا مِنْ وَسْطٍ شَفَافٍ إِلَى آخَرٍ تَنْحَنِي أَشِعَّتُهُ، وَيُسَمَّى هَذَا الانحناءُ انكسارَ الضَّوْءِ. وَيُفَسَّرُ هَذَا لِمَ تَبْدُو قَشَّةُ الشَّرْبِ مُنْحَنِيَّةً فِي كُوبِ مَاءٍ عِنْدَ نُقْطَةِ دُخُولِهَا فِيهِ. وَيَحْدُثُ الانكسارُ نَتِيجَةً لِتَبَايُنِ سُرْعَةِ الضَّوْءِ فِي الْمَوَادِّ الشَّفَافَةِ الْمُخْتَلِفَةِ. أَوَّلُ مَنْ تَقَصَّى انكسارَ الضَّوْءِ رِياضِيًّا كَانَ الْعَالِمُ الْهُولَنْدِيُّ فِلِبْرورد سِنِل (١٥٩١-١٦٢٦). يَقِيسُ مُعَامِلُ الانكسارِ (وهو ثابت = $\frac{\text{جيب زاوية السقوط}}{\text{جيب زاوية الانكسار}}$) مِقْدَارَ انحناءِ حُزْمَةِ الضَّوْءِ عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ مِنْ مَادَّةٍ إِلَى أُخْرَى. فَبالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ، مُعَامِلُ الانكسارِ ١ لِلْهَوَاءِ، ١,٣ لِلْمَاءِ وَلِلزُّجَاجِ ١,٥. فَالضَّوْءُ يَنْحَنِي أَكْثَرَ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الزُّجَاجِ مِمَّا يَنْحَنِي عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الْمَاءِ، لِأَنَّ سُرْعَتَهُ تُبْطَأُ أَكْثَرَ فِي الزُّجَاجِ.



تَبَدُّلُ الْإِتِّجَاهِ
تَبَدُّلُ السَّرْعَةِ

عِنْدَمَا تَنْتَقِلُ دَوَالِيبُ الشَّاحِنَةِ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحٍ صُلْبٍ إِلَى أَرْضٍ رَطْبَةٍ مُعْشَوِشَةٍ تُبْطَأُ سُرْعَةُ الدَوَالِيبِ مِنْ جَانِبٍ وَاحِدٍ مُسَبِّبَةً انحناءً فِي مَسَارِ الشَّاحِنَةِ. وَهَذَا يُمَثِّلُ انكسارَ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الزُّجَاجِ.

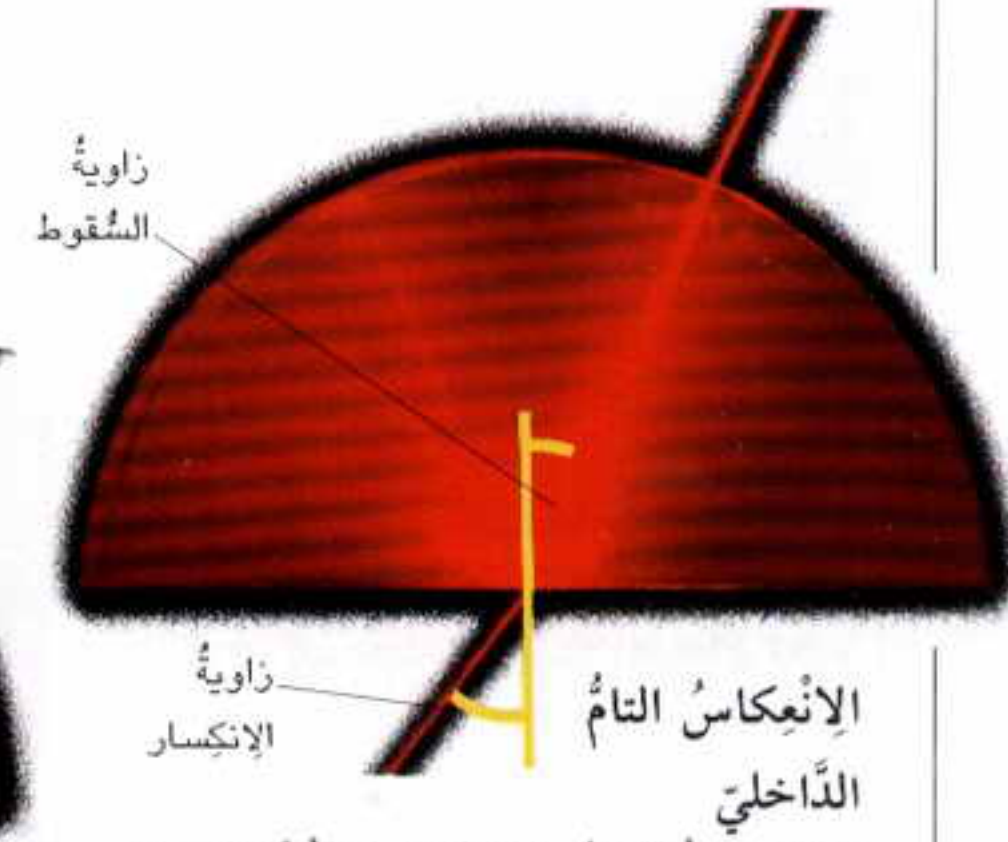
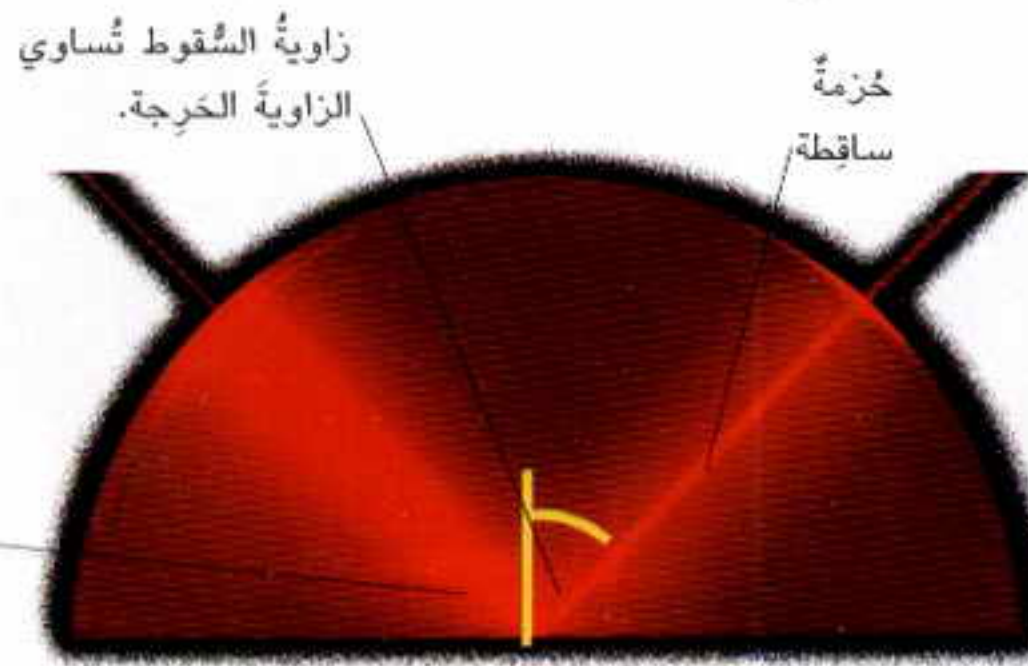


مُعَامِلُ الانكسار

تَنْكَبِرُ حُزْمَةُ اللَّيْزَرِ الْمُتَقَلِّبَةُ بِزَاوِيَةٍ مُعَيَّنَةٍ (هِيَ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ) مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى كَثَلَةِ زُّجَاجِيَّةٍ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوْءِ فِي الزُّجَاجِ أَقْلُ مِنْهَا فِي الْهَوَاءِ. وَيُحَدِّدُ مُعَامِلُ الانكسارِ الثَّابِتَ لِلْمَادَّةِ الْعِلَاقَةَ بَيْنَ السَّرْعَتَيْنِ. فَفِي هَذِهِ الْحَالَةِ، مُعَامِلُ الانكسارِ لِلزُّجَاجِ بِالنِّسْبَةِ لِلْهَوَاءِ هُوَ حَاصِلُ قِسْمَةِ سُرْعَةِ الضَّوْءِ فِي الْهَوَاءِ عَلَى سُرْعَتِهِ فِي الزُّجَاجِ.

الْمِنْظَارُ الدَّاخِلِي

يُسْتَفَادُ مِنْ مَبْدَأِ الانعكاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ فِي الْقَلْبِ. فَالْمِنْظَارُ الدَّاخِلِيُّ، الْمَوْثَّقُ مِنْ رِزْمَةٍ مِنَ الْأَلْيَافِ الْبَصَرِيَّةِ الْمَرْنَةِ، يُسْتَخْدَمُ فِي تَنْظِيرِ دَاخِلِ الْجِسْمِ دُونَ الْحَاجَةِ إِلَى إِجْرَاءٍ عَمَلِيٍّ جِرَاحِيٍّ. يَسْرِي الضَّوْءُ مُقْنًى عَلَى طُولِ الْأَلْيَافِ بِالانعكاساتِ التَّامَّةِ الدَّاخِلِيَّةِ، فَيَسْتَطِيعُ الطَّبِيبُ إِدْخَالَ الْمِنْظَارِ عَبْرَ الْبُلْعُومِ وَالْمَرِيءِ لِفَتْحِ دَاخِلِ الْمَعْدَةِ.



الانعكاسُ التَّامُّ الدَّاخِلِي

يَتَبَيَّنُ فِي الْكَثَلَةِ الزُّجَاجِيَّةِ أَعْلَاهُ كَيْفِيَّةُ انكسارِ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مِنَ الزُّجَاجِ إِلَى الْهَوَاءِ فَتَزْدَادُ سُرْعَتُهُ. فَإِذَا كَانَتْ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ صَغِيرَةً، تَنْبَنِي حُزْمَةُ الضَّوْءِ بِزَاوِيَةٍ أَكْبَرَ؛ لَكِنْ مَعَ تَزَايُدِ مِقْدَارِ زَاوِيَةِ السُّقُوطِ (إِلَى الْيَسَارِ)، يَزْدَادُ انكسارُ حُزْمَةِ الضَّوْءِ أَكْثَرَ فَأَكْثَرَ. وَعِنْدَمَا تَبْلُغُ زَاوِيَةُ السُّقُوطِ حَدًّا مُسَاوِيًّا لِزَاوِيَةِ الْخَرِجَةِ، لَا يَعُودُ الضَّوْءُ يَنْبَنِي مِنَ الزُّجَاجِ مُطْلَقًا - بَلْ يَنْعَكِسُ دَاخِلِيًّا؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالانعكاسِ التَّامِّ الدَّاخِلِيِّ.

الْأَعْمَاقُ الْمُخْتَلِفَةُ

هَلْ لَحِظْتَ أَنَّ الْأَحْوَاضَ وَالْبِرْكَ هِيَ دَائِمًا أَعْمَقُ مِمَّا تَبْدُو؟ ذَلِكَ لِأَنَّ انكسارَ الضَّوْءِ الْمُتَقَلِّبِ مِنَ الْمَاءِ إِلَى الْهَوَاءِ يَجْعَلُ قَعْرَ الْحَوْضِ يَبْدُو أَقْرَبَ إِلَى النَّاظِرِ مِمَّا هُوَ عَلَيْهِ. يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ هَذِهِ الظَّاهِرَةِ فِي كُوبِ الْمَاءِ أَعْلَاهُ. فَبِانكسارِ الضَّوْءِ يَبْدُو الزَّرُّ أَقْرَبَ إِلَى سَطْحِ الْمَاءِ.



السَّرَابُ

يَخْدَعُنَا انحناءُ الضَّوْءِ بِرُؤْيَا الْأَشْيَاءِ فِي غَيْرِ مَوَاقِعِهَا. يَحْدُثُ السَّرَابُ بِانكسارِ الضَّوْءِ فِي الْجَوِّ؛ لِأَنَّ سُرْعَةَ الضَّوْءِ أَزِيدُ فِي الْهَوَاءِ الْحَارِّ الْمُلَاصِقِ لِلْأَرْضِ مِنْ سُرْعَتِهِ فِي الْهَوَاءِ الْبَارِدِ الْأَعْلَى. فَيَنْكَبِرُ الضَّوْءُ فِي مَسَارِ مَقُوسٍ، مُنْتَبِجًا صُورَةً زَائِفَةً لَجِسْمٍ بَعِيدٍ. وَالسَّرَابُ يَكْثُرُ فِي الصَّحَارَى حَيْثُ الْهَوَاءُ حَارٌّ جِدًّا.

هَوَاءٌ بَارِدٌ
هَوَاءٌ دَافِئٌ

تَبْدُو
الصُّورَةُ هُنَا.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الصَّوْتُ والضَّوْءُ ص ١٧٧
الانعكاس ص ١٩٤
الألوان ص ٢٠٢
الإبصار ص ٢٠٤
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٢

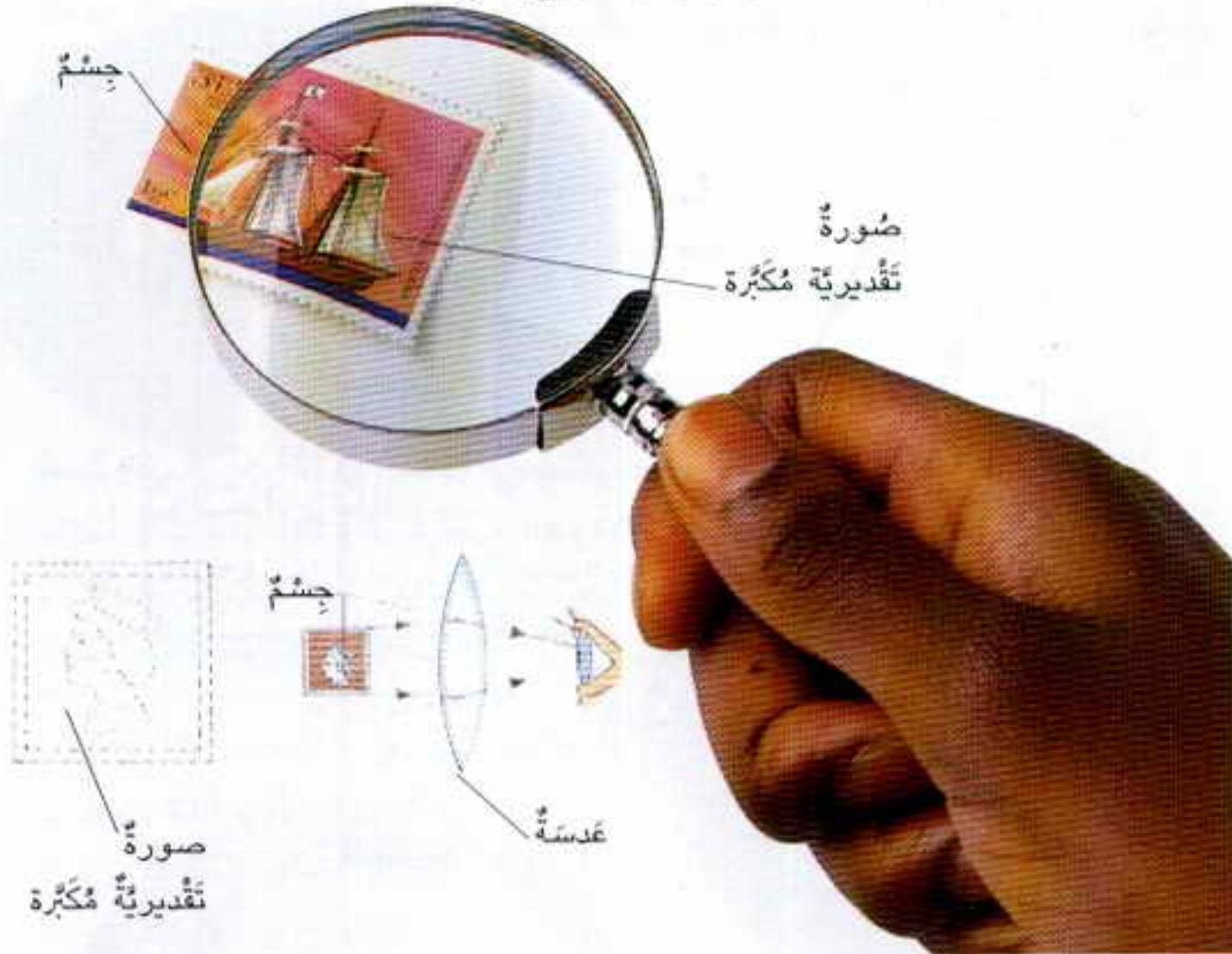
الْعَدَسَات

إنحِناءُ الضَّوْءِ عندَ انْتِقَالِهِ مِنَ الْهَوَاءِ إِلَى الرُّجَاجِ حَقِيقَةٌ يُمَكِّنُ
الاستِفادةَ منها. فالْعَدَسَاتُ هي قِطْعٌ مِنَ الرُّجَاجِ أَوْ اللَّدَائِنِ الشَّفَافَةِ
مُشَكَّلَةٌ خِصِّصًا لتركيزِ الضَّوْءِ وتكوينِ الصُّوَرِ وتكْبِيرِ أَوْ تَصْغِيرِ مَشْهُدٍ
يَحْنِي الضَّوْءَ السَّارِيَ عَبرَها. وَيَطَّرِدُ تَرْوِي الْعَدْسَةُ بِاتِّجَاهِ أَطْرَافِها، فَقَدْ
تَكُونُ أَسْمَكَ أَوْ أَرَقَّ فِي الْمَرْكَزِ مِنْها فِي الْأَطْرَافِ. وَيُحَدِّدُ شَكْلُ
الْعَدْسَةِ ما إذا كانَ انْحِناءُ الضَّوْءِ المارِّ عَبرَها نَحْوَ نُقْطَةٍ وَحِيدَةٍ - هي
بُورَةُ الْعَدْسَةِ - أَوْ بَعِيدًا عَنْها. وفي كُلِّ مَنْ عَيْنِي الْإِنْسَانِ عَدْسَةٌ
طَبِيعِيَّةٌ تُرَكِّزُ بِها الْمَشَاهِدَ، كما تَفْعَلُ أَنْتَ الْآنَ لِلتَّرْكِيزِ
عَلَى هَذِهِ الْكَلِمَاتِ.



عَدْسَةُ فَرِينِيل

اِبتَكَرَ الْفِيْزِيَاءِيُّ الْفَرَنْسِيُّ، أَوْغُسْطِينُ فَرِينِيل (١٧٨٨-١٨٢٧)،
عَدْسَةً قِوَامُها سِلْسِلَةٌ مِنَ الْحَلَقَاتِ الرُّجَاجِيَّةِ. وَهَذِهِ الْعَدَسَاتُ
لَا تَصْلُحُ لِتَكْوِينِ الصُّوَرِ لِأَنَّها تُشَوِّهُ كَثِيرًا، لَكِنَّها جَيِّدَةٌ جَدًّا
لِتَرْكِيزِ حُزْمِ الضَّوْءِ. لِذَا تُسْتَخْدَمُ غَالِبًا فِي الْمَنَارَاتِ وَالْمَصَابِيحِ
الْأَمَامِيَّةِ لِلسَّيَّارَاتِ وَفِي أَجْهَازَةِ الْإِسْقَاطِ.



الْعَدْسَةُ الْمُكَبِّرَةُ

تَبْدُو الْأَجْسَامُ أَكْبَرَ مِمَّا هِيَ بِكَثِيرٍ عِنْدَمَا
يُنْظَرُ إِلَيْها مِنْ خِلَالِ الْعَدْسَةِ الْمُكَبِّرَةِ فِي
الْعَدْسَةِ الْمُكَبِّرَةِ. وَيَتَّبِعُ مَسَارِ الْأَشْيَاءِ
الضَّوْئِيَّةِ خِلَالِ الْعَدْسَةِ تَبَيُّنٌ كَيْفِيٌّ لِإِنْتِاجِها
صُورَةً تَقْدِيرِيَّةً مُكَبَّرَةً لِلجِسْمِ. وَيَعْتَمِدُ
مِقْدَارُ التَّكْبِيرِ عَلَى الْبُعْدِ الْبُورِيِّ لِلْعَدْسَةِ.
فَكَلَّمَا قَصُرَ الْبُعْدُ الْبُورِيُّ، بَارَزَ إِذَا سَمَاكَ
الْعَدْسَةِ، تُصْبِحُ الْعَدْسَةُ أَقْوَى.

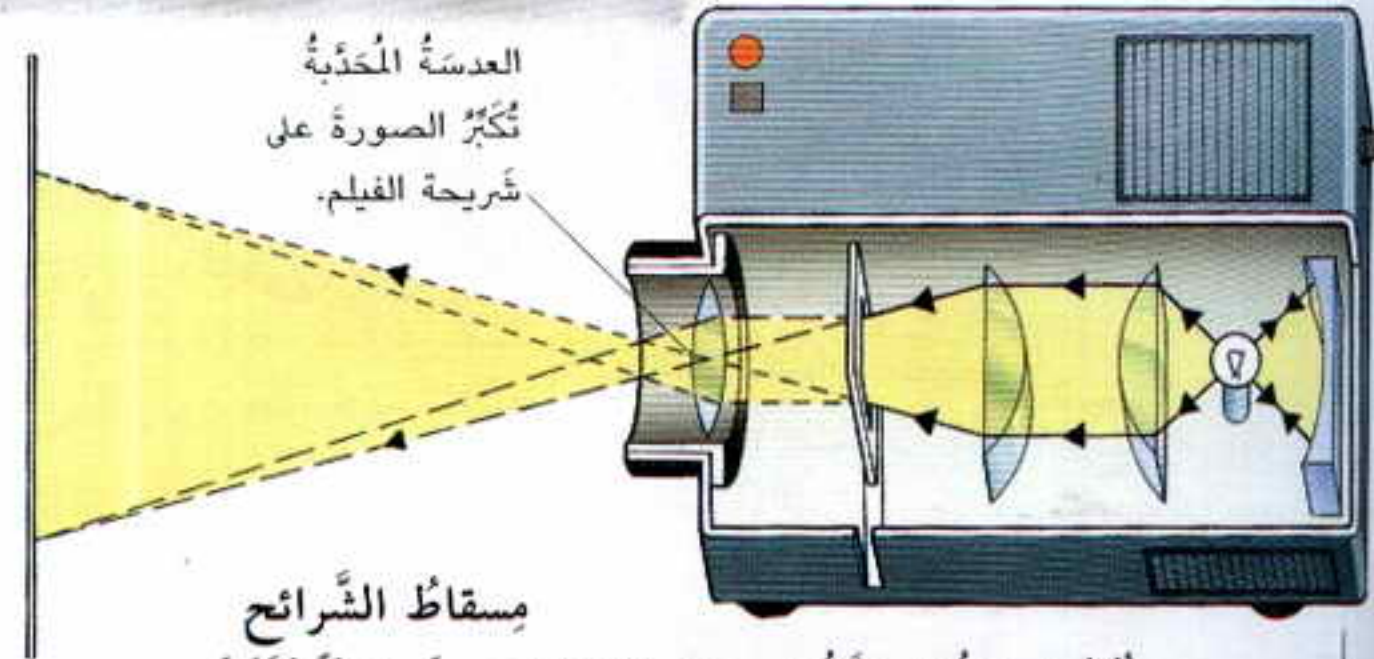
لمزيد من المعلومات انظر

- المَكْتُورَاتُ ص ١٠٠
- الرُّجَاجُ ص ١١٠
- الآلَاتُ الْبَصَرِيَّةُ ص ١٩٨
- الْإِبْصَارُ ص ٢٠٤
- التَّصْوِيرُ الْفَوْتُوغْرَافِي ص ٢٠٦



الْعَدَسَاتُ الْمُخَدَّبَةُ وَالْمُقَعَّرَةُ

الْعَدْسَةُ الْأَسْمَكُ فِي وَسْطِها مِنْها فِي أَطْرَافِها عَدْسَةٌ
مُخَدَّبَةٌ. وَهِيَ تُجَمِّعُ أَشْجَعَةَ الضَّوْءِ الْمُتَوَازِيَةِ الْمَارَّةَ عَبرَها
وَتُرَكِّزُها فِي نُقْطَةٍ هِيَ بُورَتُها. أَمَّا الْعَدْسَةُ الْأَسْمَكُ فِي
أَطْرَافِها مِنْها فِي وَسْطِها فَهِيَ عَدْسَةٌ مُقَعَّرَةٌ. وَهِيَ تُفَرِّقُ
أَشْجَعَةَ الضَّوْءِ الْمُتَوَازِيَةِ الْمَارَّةَ عَبرَها لِتَبْدُوَ كما لو أَنَّها
صَادِرَةٌ مِنْ بُورَةٍ تَقْدِيرِيَّةٍ فِي الْجَانِبِ الْآخَرِ مِنْها.



مِسْقَاطُ الشَّرَائِحِ

تُنْتِجُ الْعَدْسَةُ الْمُخَدَّبَةُ فِي جِهَازِ الْإِسْقَاطِ صُورَةً حَقِيقِيَّةً مُكَبَّرَةً
لِلشَّرِيحَةِ. وَالصُّورَةُ حَقِيقِيَّةٌ لِأَنَّ الضَّوْءَ يَمُرُّ بِها فِعْلًا، كما
يُمْكِنُ عَرَضُها عَلَى سِتَارَةٍ. وَهِيَ مَقْلُوبَةٌ (رَأْسًا عَلَى عَقِبٍ)، لِذَا
يَجِبُ وَضْعُ الشَّرِيحَةِ الْفِيلْمِيَّةِ مَقْلُوبَةً فِي الْمِسْقَاطِ كَيْ تَعْرَضَ
الصُّورَةُ قَائِمَةً عَلَى السَّتَارَةِ.

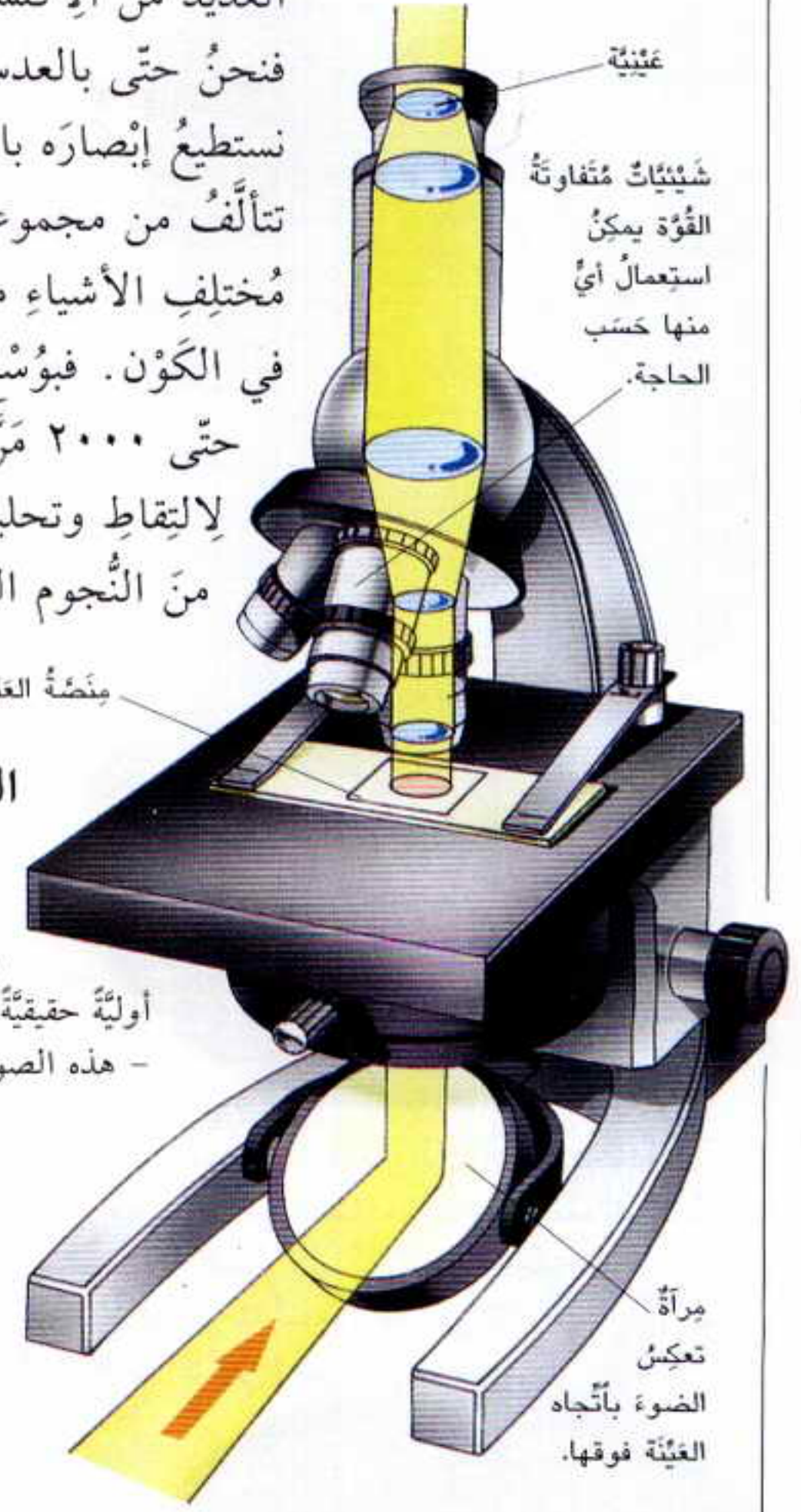
أَنْطُونِي فَا ن لِيُونِيَهوك

الْمِجْهَرُ الْبَدَائِي الَّذِي صَنَعَهُ
الْهَوْلَنْدِيُّ أَنْطُونِي فَا ن
لِيُونِيَهوك (١٦٣٢-١٧٢٣)، جَعَلَ
دِرَاسَةَ الْبَكْتِيرِيَا وَخَلَايَا الدَّمِ أَمْرًا
مُمْكِنًا لِلْمَرَّةِ الْأُولَى فِي تَارِيخِ الْعِلْمِ.
وَقِوَامُ هَذِهِ النَّبِيْطَةِ الْبَسِيطَةِ عَدْسَةٌ
قَوِيَّةٌ، شُكِّلَتْ مِنْ بُلُورَةٍ رُجَاجِيَّةٍ،
مُرَكَّبَةٍ عَلَى صَفِيحَةٍ مَعْدِنِيَّةٍ.



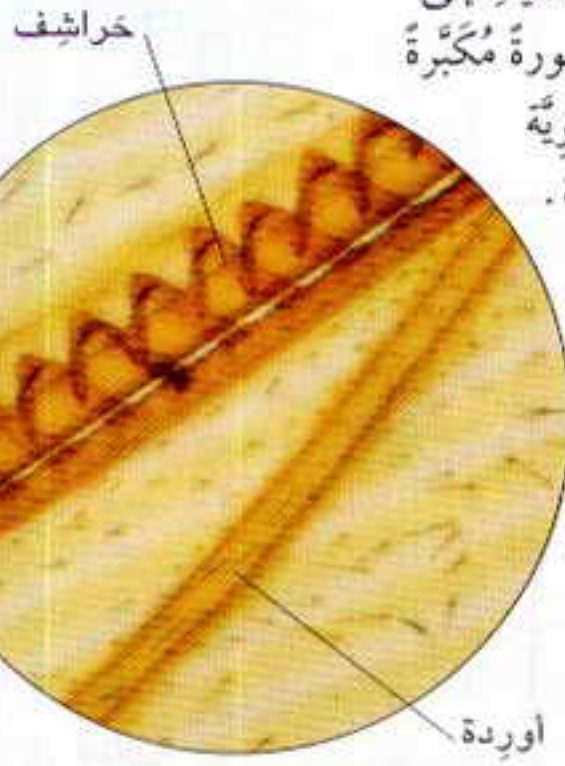
الآلات البَصَرِيَّة

العديد من الاكتشافات الرائعة تم من خلال عدسات الآلات البصرية. فنحن حتى بالعدسة المكبرة البسيطة نرى تفاصيل الأشياء أكثر بكثير مما نستطيع إبطاره بالعين المجردة. أما الآلات البصرية المتطورة - التي تتألف من مجموعات مرايا وعدسات - فقد مكنتنا من دراسة وتقصي مختلف الأشياء من أصغر المتعضيات الحية إلى أقصى الأجسام بعدا في الكون. فبوسع المجهر (الميكروسكوب) الضوئي تكبير الأشياء حتى ٢٠٠٠ مرة؛ كما يمكن استخدام المقراب (التلسكوب) لالتقاط وتحليل الضوء من أجسام فلكية أبعد مليون مرة من أي من النجوم التي نراها في السماء ليلا.



الميكروسكوب المركب

يكبر الميكروسكوب المركب الأشياء على مرحلتين. تعكس المرآة الضوء عبر العينة إلى شريحة قوية - العدسة السفلية - تكون صورة مكبرة أولية حقيقية للعينة. ثم تلتقي العينة - العدسة العلوية - هذه الصورة فتكبرها ثانية، كما العدسة المكبرة.



زنبور بالحجم الطبيعي

منظار ثنائي العينية

يتألف المنظار الثنائي العينية من تلسكوبين (مقاربتين) كاسرتين؛ يحوي كل منهما شريحة وعينية تكونان صورة أكبر وأوضح بكثير للجسم المنظور من بعد.

صورة مجهرية

عندما يكبر جناح زنبور ٥٠ مرة، تظهر الخراشف والأوردة واضحة التفاصيل. هذه الصورة أخذت عبر عدسات مجهر مركب.

التلسكوبات المهمة

- ١٧٨٩ تلسكوب وليام هرشل، إنكلترا، قطر مرآته ١,٢٣ متر
- ١٨٤٥ تلسكوب لورد روس، أيرلندا، قطر مرآته ١,٨٣ متر
- ١٩١٧ تلسكوب جبل ويلسون، كاليفورنيا، قطر مرآته ٢,٥٤ متر
- ١٩٤٨ تلسكوب هيل العاكس، ألوامار، كاليفورنيا، قطر مرآته ٥ أمتار
- ١٩٧٦ تلسكوب جبل سيمودريكي، قطر مرآته ٦ أمتار
- ١٩٩٢ تلسكوب كيك، هاواي، قطر مرآته ١٠ أمتار



تلسكوبات عاكسة

معظم التلسكوبات الفلكية الحديثة هي تلسكوبات عاكسة ذات مرايا مقعرة كبيرة تجمع الضوء وتركزه في بؤرتها - فيما تعكس مرآة ثانية الضوء باتجاه العينية أو الكاميرا.



تلسكوب هرشل

هذا التلسكوب العاكس، بقطر ٤,٢ متر، الذي يحمل اسم وليام هرشل، يحوي كاميرات وحواسيب إلكترونية تسجل وتحلل ضوء النجوم. وقد شيد في جوف جبال لابلاند الصافي في إحدى جزر الكناري مقابل الساحل الشمالي الغربي للقارة الإفريقية.

لمزيد من المعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦
- العدسات ص ١٩٧
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- تلسكوبات الفضاء ص ٢٩٨

الليزر

أضواء الليزر بأشعتها الحزمية عدت من المشاهد المألوفة في حفلات الرقص والغناء الشعبية. لكن استخدام أشعة الليزر يتجاوز مجالات الترفيه والتسلية، إلى مجالات علمية وعملية عديدة تشمل جراحة العين، والمساحة، وقطع الفولاذ، ونقل الإشارات التلفزيونية والحاسوبية عبر الألياف البصرية، وقراءة المعلومات والرموز من شفرات الأعمدة التسعيرية والأسطوانات المدمجة. الخاصية المميزة لضوء الليزر والتي تؤهله لمختلف استخداماته هي ترابطه واتساقه (انتظامه). فالأمواج الضوئية العادية مخلطة وغير منتظمة، لكن أمواج الليزر متساوقة منتظمة، كصفوف الجند في مسيرة عسكرية. لذا يمكن توجيهها بحزم قوية أكثر نضوجاً وأدق توازياً من الضوء من مصادر أخرى.

يمكن إنتاج ضوء الليزر بخشب الجوامد أو السوائل أو الغازات بالطاقة. ويعتمد لون الضوء الليزري الناتج على نوعية العناصر المتواجدة في المادة.



المحاسبة السريعة في المتاجر الكبرى
نقرأ البيانات الحاسوبية المرمزة في شفرة الأعمدة التسعيرية على مشريباتك بضوء الليزر المنعكس. وتضغ الليزر في فارتات هذه الشفرات حاليًا من أشباه الموصلات، لأنها تستهلك قدرة أقل بكثير من ليزر مزيج الهليوم والنيون التي كانت تستخدم في مكنات سابقة.

الهولوجرام صورة مجسمة (ثلاثية الأبعاد) تؤخذ بضوء الليزر. ويمكنك الدوران حول الصورة لمشاهدتها من الجانب الآخر.

تيودور ميمن

طور جوردون جاوولد

فكرة الليزر عام

١٩٥٧، وهي فكرة

تعتمد على نظريات ألبرت

آينشتاين في طبيعة الضوء.

وصمم تيودور ميمن (من مواليد

١٩٢٧) أول ليزر عملي عام ١٩٦٠.

جهاز ميمن ولد ضوء الليزر بتزويد بلورة بأقوى الطاقة من أنبوب ومض. وقد حقق ليزر ميمن إنجازاً مهماً رغم أنه لم يتجاوز البضع سنتيمترات طولا.



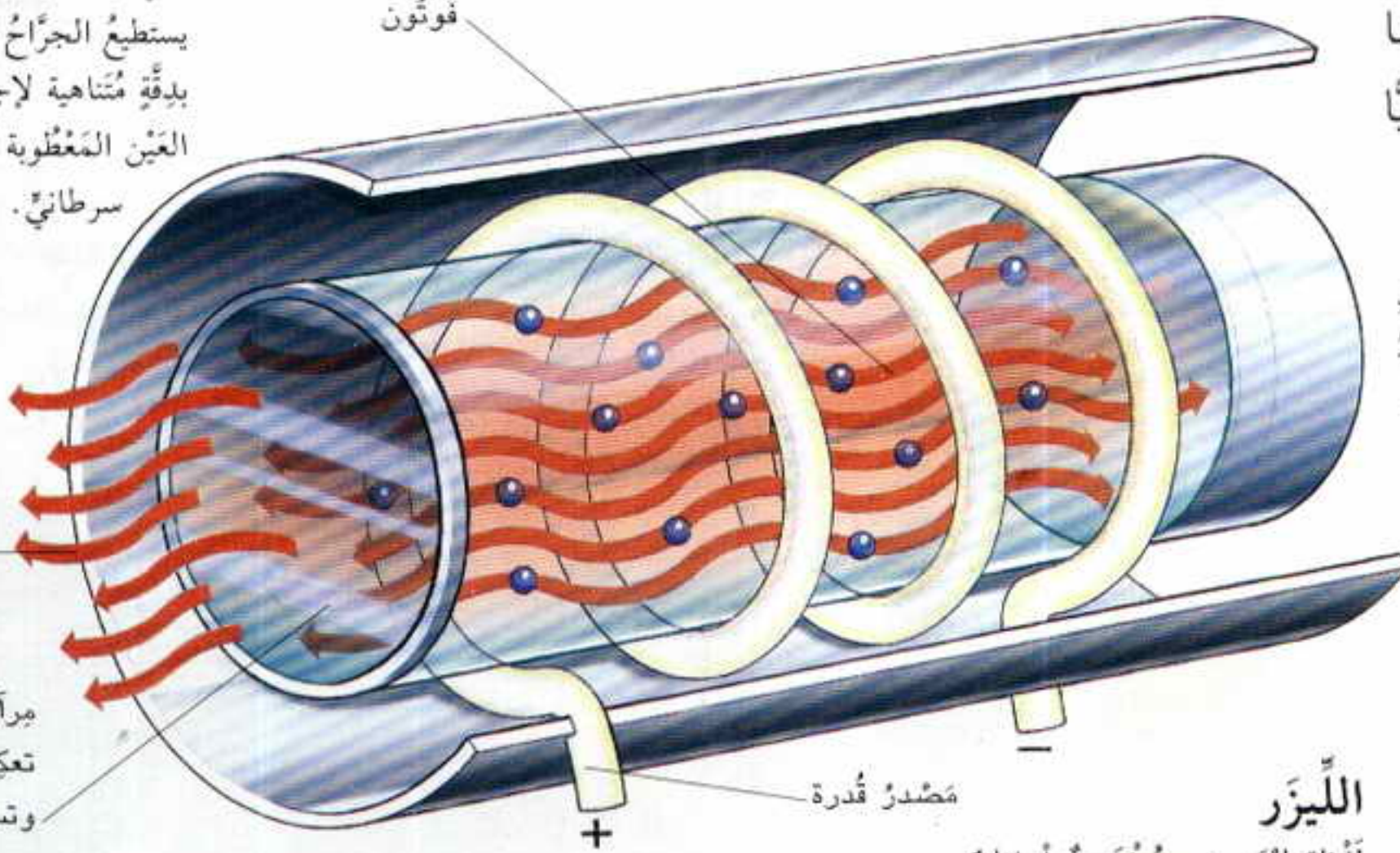
حزمة الليزر
قوية ومرفقة
الدقة.

الجراحة الليزرية

يستطيع الجراح التحكم في حزم الليزر بدقة متناهية لإجراء فغر دقيق في سطح العين المغلقة أو لسفع خلايا ورم سرطاني.

ينتبعث ليزر مزيج
الهليوم والنيون
ضوءاً أحمر.

مرآة جزيئية التفضيض
تعكس معظم الضوء
وتسمح بمرور بعضه.



الليزر

لفظة ليزر هي مختصر أوائلي لما معناه «تضخيم الضوء بأبعاث الإشعاع المنسبط»؛ ويمكن شرح ما يجري ضمن جهاز الليزر بأن الطاقة المبعثة من أنبوب ومض أو من تيار كهربائي تُنشط أو تُثير ذرات مادة الليزر. فتنبعث بعض الذرات فوتونات؛ وهذه بدورها تستثير ذرات أخرى لتنبعث فوتونات في الاتجاه نفسه. وتنتقل الفوتونات متوازية جبهةً وذهاباً بين المرآيا في جانبي الأنبوب.



الصورة المجسمة (الهولوجرامية)

تؤخذ الصورة العادية بواسطة مجموعة واحدة من الأمواج الضوئية تنعكس من الجسم إلى الفيلم. لكن بفضل أنظمة ضوء الليزر الفائقة، يمكن نقله إلى مجموعتين موجيتين لإنتاج صورة مجسمة. إحدى المجموعتين تنعكس مباشرة من الجسم، أما المجموعة الأخرى فتصل الفيلم من اتجاه مختلف دون المرور بالجسم. وحيث تلتقي المجموعتان الموجيتان ينتج نمط تداخلي يسجل على الفيلم. فإذا أنبرت الصورة الهولوجرامية بالشكل الصحيح تبدو مجسمة ثلاثية الأبعاد.

الليزر الصناعية

تقطع الليزر العالية القدرة صفائح الفولاذ السمكة بالسهولة التي تقطع فيها سكين ساجنة قطعة من الزبد. والليزر بالغ الأهمية أيضاً في المساحة، لأن حزمها تسري في خط مستقيم بغاية الدقة. وقد تم تخطيط مسار نفق القناة الإنكليزية بين فرنسا وإنجلترا بواسطة الليزر.

لمزيد من المعلومات انظر

- أشباه الفلزات ص ٣٩
- الغازات النبيلة ص ٤٨
- السرعة ص ١١٨
- الكهرباء التيارية ص ١٤٨
- الصوت والضوء ص ١٧٧
- الضوء ص ١٩٠

الضوء والمادة

يَقْتَمُّ لَوْنُ عَدَسَاتِ النُّظَارَاتِ
الْفُوتُوكَرُومِيَّةِ عِنْدَ تَعَرُّضِهَا
لِضَوْءِ الشَّمْسِ السَّاطِعِ.



الرُّجَاجُ الْفُوتُوكَرُومِي

فِي الضَّوِّءِ الْخَافِئِ يَبْدُو
الرُّجَاجُ الْفُوتُوكَرُومِي شَفَافًا

تَقْرِيبًا؛ لَكِنَّهُ يُصْبِحُ قَائِمًا عِنْدَمَا يَتَعَرَّضُ لِضَوْءٍ سَاطِعٍ.
فَالطَّاقَةُ الضَّوئية تُغَيِّرُ بَنِيَّةَ بَعْضِ جُزْئِيَّاتِ الرُّجَاجِ
فَتَمْتَصُّ ضَوْءًا أَكْثَرَ. وَهَذِهِ الْخَاصَّةُ عَكُوسَةٌ - فَنِي
الْقَلْبُ يَعُودُ الرُّجَاجُ إِلَى صِفَاتِهِ.

الْأَجْسَامُ الشَّفَّافَةُ وَالشَّفَّةُ وغير الشفافة

الْمَوَادُّ الْعَادِيَّةُ تَتَأَثَّرُ بِالضَّوِّءِ بِطُرُقٍ مُخْتَلِفَةٍ.
فَالشَّفَّافَةُ مِنْهَا تُنْفِذُ كُلَّ الضَّوِّءِ السَّاقِطِ عَلَيْهَا
تَقْرِيبًا؛ وَالشَّفَّةُ (شَبْهُ الشَّفَّافَةِ) تُنْفِذُ الضَّوِّءَ
مُسْتَطَارًّا فِي شَتَّى الْأَتَجَاهَاتِ بِجُسيمَاتٍ دَقِيقَةٍ
دَاخِلِهَا؛ أَمَّا الْمَوَادُّ غَيْرُ الشَّفَّافَةِ فَلَا تُنْفِذُ
الضَّوِّءَ، بَلْ تَعْكِسُهُ أَوْ تَمْتَصُّهُ.



تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّفَّةُ
(شَبْهُ الشَّفَّافَةِ)
الضَّوِّءَ، لَكِنَّهُ يَسْتَقْبِلُ
دَاخِلَهَا فَيَبْدُو لِبَنِيَّةِ اللَّوْنِ.

تُنْفِذُ الْمَادَّةُ الشَّفَّافَةُ مُعْظَمَ الضَّوِّءِ
السَّاقِطِ عَلَيْهَا، وَيَنْعَكِسُ الْقَلِيلُ
مِنْهُ - وَهَذَا مَا يَجْعَلُنَا نَرَى
سَطْحَ الرُّجَاجِ.



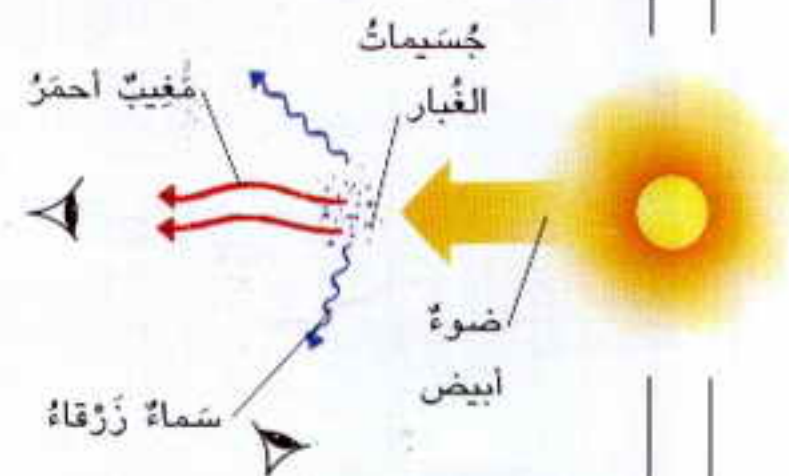
التَّقْلُورُ

بَعْضُ الْكِيمَاوِيَّاتِ يَمْتَصُّ الضَّوِّءَ فَوْقَ الْبَيْنَسْجِي
ثُمَّ يُظَلِّلُ الطَّاقَةَ ضَوْءًا مَرْتَبًا؛ وَيُعْرَفُ هَذَا
بِالتَّقْلُورِ. هَذِهِ الْكِيمَاوِيَّاتُ يُمْكِنُ اسْتِخْدَامُهَا فِي
صُنْعِ الْمَلَابِسِ وَالذَّهَانَاتِ، وَأَقْلَامِ التَّلْوِينِ وَحَتَّى
مُسْتَحْضِرَاتِ التَّجْمِيلِ «الْمُتَوَهِّجَةِ». يَضَعُ مُصَنِّعُو
مَسَاحِقِ الْغَسِيلِ كِيمَاوِيَّاتٍ قَلْوِيَّةً فِي الْمُنْظَفَاتِ كَيْ
تَبْدُو الْمَلَابِسُ الْبَيْضَاءُ أَكْثَرَ بَيَاضًا فِي ضَوْءِ الشَّمْسِ.



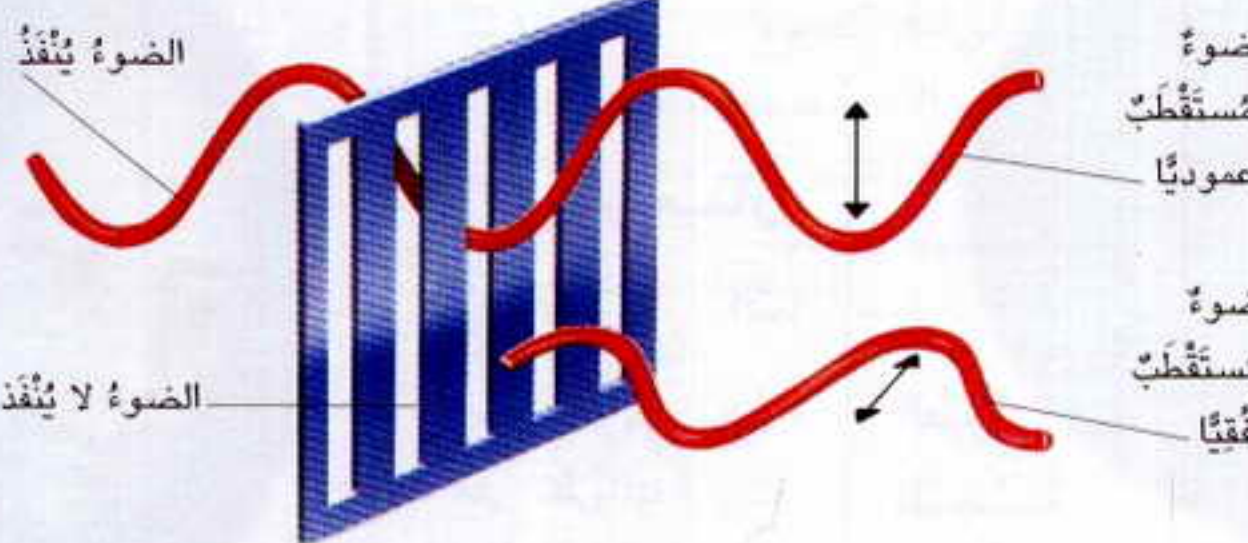
زُرْقَةُ السَّمَاءِ

هَلْ تَسَاءَلْتَ يَوْمًا لِمَ تَبْدُو السَّمَاءُ
زُرْقَاءَ؟ السَّبَبُ هُوَ أَنَّ جُسيمَاتِ
الْعُبَارِ الدَّقِيقَةِ وَبُخَارَ الْمَاءِ فِي الْجَوِّ
تَسْتَطِيعُ (تُسْتَشْتِ) ضَوْءَ الشَّمْسِ
الْأَزْرَقَ، ذَا الطُّوْلِ الْمَوْجِيِّ
الْقَصِيرِ، بِشِدَّةٍ أَكْثَرَ مِمَّا تَسْتَطِيعُ
الضَّوِّءُ الْأَحْمَرُ ذَا الطُّوْلِ الْمَوْجِيِّ
الْأَطْوَلَ. أَمَّا حِينَ نَنْظُرُ فِي أَتَجَاهِ
مَغِيبِ الشَّمْسِ عِنْدَ الْغُرُوبِ، فَإِنَّا
نَرَى ضَوْءَ الشَّمْسِ الْمُحْمَرَّ
الْمُسْتَطَارَّ (غَيْرَ الْمُسْتَشْتِ).



الاسْتِثْقَابُ

أَمْوَاجُ الضَّوِّءِ مُسْتَعْرِضَةٌ، تَتَذَبَذَبُ
مُتَعَامِدَةً مَعَ أَتَجَاهِ مَسَارِهَا. النُّظَارَاتُ
الشَّمْسِيَّةُ الْمُسْتَقْبَلَةُ تُنْفِذُ فَقَطْ الضَّوِّءَ
الْمُتَذَبَذَبَ رَاسِيًا؛ وَهِيَ بِأَمْتِصَاصِهَا
الضَّوِّءَ الْمُسْتَقْبَلُ أَفْقِيًا تُسَاعِدُ فِي
تَخْفِيفِ الْبَهَرِ.



لمزيد من المعلومات انظر

- الصوت ص ١٧٨
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- الانكسار ص ١٩٦

الظلال

تتكوّن الظلال لأن أشعة الضوء تسري في خطوط مُستقيمة فلا تلتفّ حوّل الأجسام اللاشفافة التي تعترض مسارها. وتعتمد حِدّة معالم الظلّ على المصدّر الضوئي؛ فالمصدر النقطي يُلقي ظلالاً مُحدّدة المعالم، أمّا المصدر المُمتدّ (اللانقطي) فيلقي ظلالاً غير واضحة المعالم. والشمس بحكم بُعدها القاصي تبدو كمصدر نقطي تقريباً؛ والظلال التي تلقيها هي ظلال مُحدّدة المعالم. أما المصدر الضوئي الأكثر امتداداً كأنبوب إنارة فلوري فيلقي ظلالاً أقلّ وضوحاً. ولعلّ أكثر مشاهد الظلال روعة هو كُسوف الشمس أو خُسوف القمر.

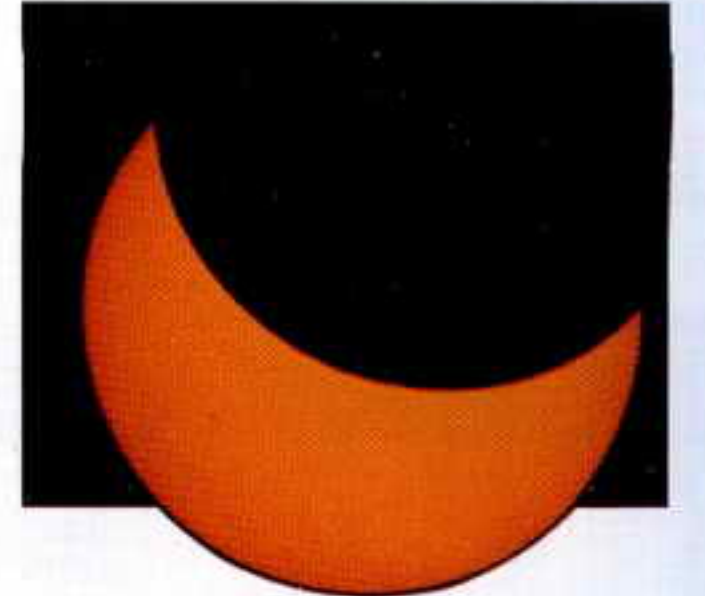
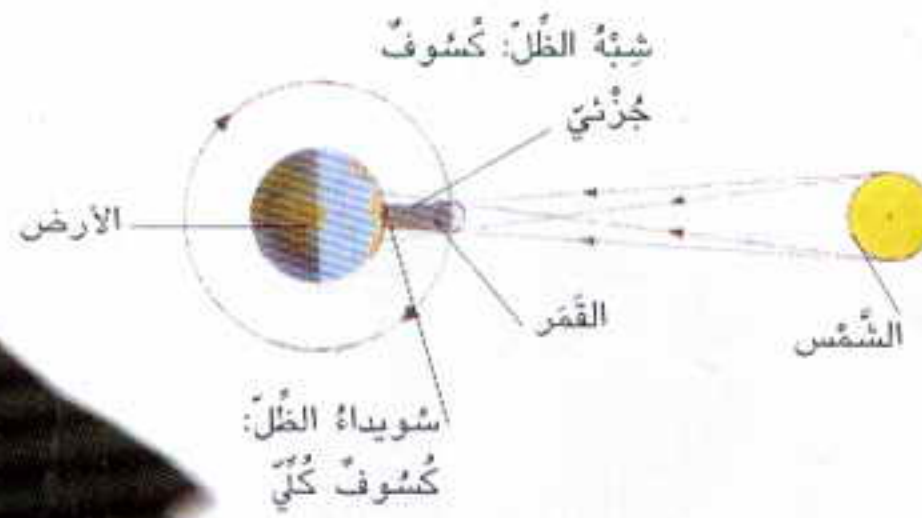


المزولة الشمسية

يتحرّك الظلّ الذي تلقى المزولة الشمسية تبعاً لحركة الشمس الظاهرية عبر السماء؛ ويُستخدم هذا التحرك في تحديد الوقت. وقد استُخدمت أولى المزاول الشمسية في الصين منذ أكثر من ٤٠٠٠ سنة، وكانت تتألف من عمود رأسي بسيط.

الظلال

الشمس لا تلقي ظلالاً حين تكون في سَمَت الرأس عند الظهيرة. لكنّ عندما تغدو أخفض، تستطيل الظلال حتى تُصبح أطول من الأجسام التي تُسببها. هنالك قسمان للظلّ الذي تلقى الشمس - هما سُوداء الظلّ وشبه الظلّ. فسُوداء الظلّ هي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم جميع أشعة الشمس. أمّا شبه الظلّ فهي المنطقة التي يخجّب فيها الجسم الضوء الآتي من بعض أقسام الشمس وليس من أقسامها الأخرى.



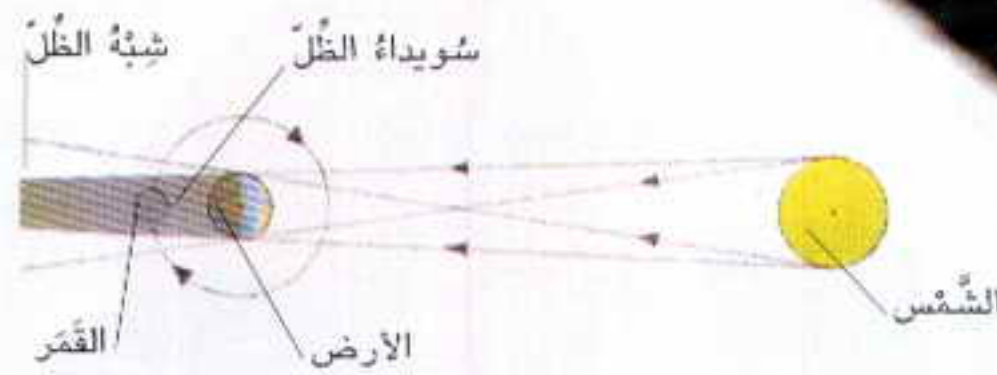
الكُسوف

في أثناء الكُسوف، يمرّ القمر (وهو في المحاق) بين الشمس والأرض فيلقي ظلاً ضخماً على جزء من سطح الأرض. في مناطق شبه الظلّ يكون الكُسوف جزئياً؛ أمّا في سُوداء الظلّ، فيُعتم النهار، كأنه ليل، بضعة دقائق لإحتجاب الشمس تماماً.



الخُسوف

أحياناً تمرّ الأرض بين الشمس والقمر (في ليلة تَمَامِهِ) فتخجّب بظلالها، ويُعرف هذا بالخُسوف. في مركز الخُسوف يخجّب القمر عن الرؤية فترة تزيد على ساعة. وفي أثناء الخُسوف يمكن مشاهدة ظلّ الأرض يتحرّك على سطح القمر.



الكُسوف والخُرافات

قديمًا، وقبل الاكتشافات العلمية المبنية، كان الكُسوف حدثاً مخيفاً - صورته الحضارات القديمة كأنّ غولاً هائلاً يتبلغ الشمس. لكن مع تقدّم العلم، وحفظ السجلات الفلكية، توضح أنّ الكُسوف أو الخُسوف هما حدثان مُنظّمان بحيث يمكن التنبؤ بزمن حدوثهما.



لمزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الشمس ص ٢٨٤
- القمر ص ٢٨٨
- علم الفلك ص ٢٩٦

هالة الشمس

في الكُسوف الكلي لا يرى من الشمس إلا هالة إكليلية حوّل قُرصها. ويتنهر العلماء فرصة هذا الحدث لدراسة نشاط الغازات في هذه الهالة. كذلك فإنّ الشوْط (الشواظات)، التي لا تُرى عادةً، بتأثير نور الشمس الغامر، تُشاهد عند الكُسوف مُسدلة فوق سطح الشمس.



الألوان

تَخَيَّلْ عَالَمًا كُلُّ شَيْءٍ فِيهِ بِلَوْنٍ ضَوْءِ النَّهَارِ - أبيض. إِنَّ الحياةَ فِيهِ ستكونُ رَتِيبةً مُمِلَّةً ولا شكَّ. فَمِنْ حُسْنِ الحَظِّ أَنَّ عَالَمَنَا مُشْرِقٌ نَاصِرٌ بِالألوانِ البَهِيجَةِ المُتَنَوِّعةِ. وَتستطيعُ عِيُونُنَا، بِتركيبِها الرائعِ، تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ للضوءِ المَنْظُورِ كالألوانِ مُخْتَلِفَةً. فَكُلُّ طَوِيلٍ (أو جَمِيعَةِ أطوالٍ) مَوْجِيَّةٍ ضَوْئِيَّةٍ هُوَ (أو هِيَ) لَوْنٌ مُعَيَّنٌ. وَأطولُ هَذِهِ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المَرْتَبِيَّةِ هُوَ الضَّوُّءُ الأَحْمَرُ؛ وَأقصرُها هُمَا الأزرقُ والبَنَفْسَجيُّ. فَإِذَا مُزِجَتْ كَمِيَّاتٌ مُتساوِيَةٌ مِنْ جَمِيعِ أطوالِ الضَّوِّءِ المَوْجِيَّةِ مَعًا، تَكُونُ النَتِيجَةُ ضَوْءًا أبيضًا. يَعتَقِدُ العُلَمَاءُ أَنَّ الكَثِيرَ مِنَ الحَيَواناتِ لا يَستطيعُ تَمييزَ الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةِ، فَهِيَ تَعيشُ فِي عَالَمٍ لا تَعْرِفُ اللَوْنَ فِيهِ.

ضوء الشمس مزيج من جميع الأطوال
الموجية من الأمواج الأطول للضوء
الأحمر حتى أقصرها للضوء البنفسجي.

الضوء الأبيض مزيج
أطوال موجية من
مختلف أجزاء
الطيف.

ألوان قوس القزح

يُمْكِنُ رُؤْيَا الألوانِ المُخْتَلِفَةِ الَّتِي تُؤَلَّفُ الضَّوُّءُ الأَبْيَضُ عِنْدَمَا يَفْلِقُ مَوْشُورٌ حُرْمَةً مِنَ الضَّوِّءِ، كَاسِرًا الأطوالِ المَوْجِيَّةِ المُخْتَلِفَةَ بِمَقَادِيرٍ مُتَفَاوِتَةٍ، يُفَرِّقُهَا إِلَى طَيفٍ نَسْتَطِيعُ رُؤْيَا. الضَّوُّءُ الأَحْمَرُ، الأَكْثَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأَقْلُ انْكِسَارًا؛ واللَوْنُ البَنَفْسَجيُّ، الأَقْصَرُ طَوِيلًا مَوْجِيًّا، هُوَ الأَكْثَرُ انْكِسَارًا.

الموشور يفلق
الضوء الأبيض ويفرقه
إلى مقوماته اللونية.

يَتَّبَعُ قَضِيبٌ مِنَ الفولاذِ
المُخَمَّى أَمَاجًا ضَمِنَ الطَّرَفِ
الأحمر من الطيف المنظور فقط.

مَعَ زِيَادَةِ إِحْمَاءِ القَضِيبِ يَتَحَوَّلُ
لَوْنُ جِزْئِهِ الأَسْفَلَ إِلَى الأصْفَرِ.

ألوان التداخل

الألوانُ الزَّاهِيَةُ الَّتِي تُشَاهِدُهَا أَحْيَانًا عَلَى فُتَاقِ الصَّابُونِ سَبَبُهَا تَدَاخُلُ الضَّوِّءِ. فَأَشِعَّةُ الضَّوِّءِ الأَبْيَضِ المُنْعَكِسَةُ عَلَى الغِشَاءِ الدَّاخِلِيِّ لِفُقَاعَةِ الصَّابُونِ تَسْرِي أَعْدَدَ بَقَلِيلٍ مِنَ الأَشِعَّةِ المُنْعَكِسَةِ عَلَى الغِشَاءِ الخَارِجِيِّ. وَتَدَاخُلُ الأمَاجُ فِي كُلِّ شُعَاعٍ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ حَيْثُ تَلْتَقِي. فَتَلْعَنِي بَعْضُ الألوانِ وَاجِدُهَا الأَخَرَ، فِيمَا تَتَضَامُ أُخْرَى لِيَتَكُونَنَّ نُطَاقًا لَوْنِيَّةً عَلَى سَطْحِ الفُقَاعَةِ.

يَحْوِي الضَّوُّءُ الأَبْيَضُ كُلَّ الوَانِ
الطَّيفِ.

مَعَ المَزِيدِ مِنَ الإِحْمَاءِ، القَضِيبُ الآنَ يَتَّبَعُ
مَعْظَمَ الوَانِ الطَّيفِ المَنْظُورِ الَّتِي تَمْتَرِجُ
مَعًا لِتُعْطِيَ ضَوْءًا أبيضًا.

درجة الحرارة اللونية

يَتَّبَعُ جَمِيعُ الأجسامِ أَمَاجًا كَهْرِمَغْنَطِيَّةً هِيَ فِي الغَالِبِ غَيْرُ مَنظُورَةٍ. لَكِنْ عِنْدَ إِحْمَاءِ الجِسْمِ تَكْتَسِبُ هَذِهِ الأمَاجُ طَاقَةً أَكْبَرَ - فَيَزْدَادُ تَرْدُودُهَا وَتَقْصُرُ أَمَاجُهَا تَدْرِيجِيًّا حَتَّى تَبْلُغَ الحَدَّ المَنْظُورَ. عِنْدَ إِحْمَاءِ قَضِيبٍ مِنَ الفولاذِ، كَمَا أَعْلَاهُ، يَتَوَهَّجُ أَوَّلًا بِلَوْنٍ أَحْمَرَ كَامِدٍ؛ وَمَعَ زِيَادَةِ الإِحْمَاءِ يَتَحَوَّلُ إِلَى اللَوْنِ الأصْفَرِ. وَعَلَى دَرَجَةِ الحَرَارَةِ الأَشَدِّ، يَتَّبَعُ القَضِيبُ مَعْظَمَ الوَانِ الطَّيفِ المَنْظُورِ الَّتِي تَمْتَرِجُ مَعًا لِتُعْطِيَ ضَوْءًا أبيضًا.

ماجنِتا (أحمر مُزَرَق)

سَيَان
(أزرق داكن)

الأضواء الملونة

الأحمر والأخضر والأزرق
تُعرَفُ بِالألوانِ الأَوَّلِيَّةِ -

وَيُمْكِنُكَ بِمَزْجِ هَذِهِ الألوانِ الضَّوئِيَّةِ الحَصُولُ عَلَى أَيِّ لَوْنٍ آخَرَ تَقْرِيبًا. فَإِذَا مُزِجَ الضَّوُّءُ الأَحْمَرُ وَالأَخْضَرُ وَالأَزْرَقُ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ يَتَكُونُ الضَّوُّءُ الأَبْيَضُ. وَحَيْثُ يَتَرَاكَبُ لَوْنَانِ أَوَّلِيَّانِ فَإِنَّهُمَا يَنْتِجَانِ لَوْنًا ثَانِيًّا؛ فَالأَحْمَرُ وَالأَزْرَقُ يَنْتِجَانِ المَاجِنْتَا، وَالأَحْمَرُ وَالأَخْضَرُ يَنْتِجَانِ الأصْفَرِ، وَالأَخْضَرُ وَالأَزْرَقُ يَنْتِجَانِ السَيَانِ.

يُمْكِنُ تَالِيفُ الضَّوِّءِ
الأبيض بمزج
الأحمر والأخضر
والأزرق فقط.

المُزْجُ المَاجِنْتِي (الأحمر المُزَرَق) يُنْفِذُ
الضَّوُّءَ الأَحْمَرَ وَالأَزْرَقَ وَيَمْتَصُّ الأَخْضَرَ.

المُزْجُ الأَخْضَرُ يُنْفِذُ النُّطَاقَ الأَخْضَرَ فَقَطْ مِنَ
الطَّيفِ وَيَمْتَصُّ النُّطَاقَيْنِ الأَحْمَرَ وَالأَزْرَقَ.

المُزْجَات

المُزْجُ صَفِيحَةٌ لَدَائِيَّةٌ تَمْتَصُّ بَعْضَ الألوانِ وَتُنْفِذُ أُخْرَى. فَالمُزْجُ الأَخْضَرُ، مِثْلًا، يَمْتَصُّ جُزْأِي الطَّيفِ الأَحْمَرَ وَالأَزْرَقَ وَيُنْفِذُ النُّطَاقَ الأَخْضَرَ فَقَطْ. أَمَّا المُزْجُ المَاجِنْتِي (الأحمر المُزَرَق) فَيَمْتَصُّ الضَّوُّءَ الأَخْضَرَ وَيُنْفِذُ الأَحْمَرَ وَالأَزْرَقَ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الضوء ص ١٩٠
- الطيف الكهرومغناطيسي ص ١٩٢
- مصادر الضوء ص ١٩٣
- تأثيرات خاصة ص ٢٦٩

طَرَحُ الْأَلْوَانِ



جُزْءٌ

الِاضْطِبَاعُ الطَّبِيعِي

يُحَوِي جِلْدُ الْحِرْبَاءِ خِلَايَا صِبْغِيَّةً تَتَغَيَّرُ حَجْمًا وَشَكْلًا لِیَأْتِلِفَ الْحَيَوَانُ مَعَ أَلْوَانِ الْخَلْفَةِ الَّتِي تُحِيطُ بِهِ. وَبِهَذِهِ الْوَسِيلَةِ، فَإِنَّ الْحِرْبَاءَ مُحْكَمَةُ التَّمَوُّهِ حِينَ يَتَهَدَّدُهَا الْخَطَرُ. وَقَدْ طَوَّرَتْ أَسْمَاكُ الصِّيْدِجِ «لُغَةً تَفَاهُمُ» عِمَادَهَا أَنْمَاطٌ مِنَ التَّغْيِيرَاتِ اللَّوْنِيَّةِ تَتَمَوَّجُ عَبْرَ أَجْسَادِهَا.



مَاجِنَتَا (أَحْمَرُ مُزْرَقُ)



أَصْفَرُ

تُطْبَعُ أَلْوَانُ الصُّورَةِ وَاحِدًا فَوْقَ الْآخَرِ لِلْحُصُولِ عَلَى الصُّورَةِ بِكَامِلِ أَلْوَانِهَا.



يُعَالِجُ اللَّوْنُ الْأَسْوَدُ مُتَفَصِّلًا كَيْ يَظْهَرَ النَّصْلُ وَالْخُطُوطُ الْكَفَافِيَّةُ وَاضِحَةً الْمَعَالِمَ.



سَيَّانُ (أَزْرَقُ دَاكِنُ)



الطَّبَاعَةُ الرَّبَاعِيَّةُ الْأَلْوَانِ

تُسْتَنْسَخُ جَمِيعُ الصُّوَرِ الْفُوتُوغَرَفِيَّةِ وَالرُّسُومِ الْإِيضَاحِيَّةِ الْمُلَوَّنَةِ مِنْ أَرْبَعَةِ حُبُورٍ مُلَوَّنَةٍ فَقَطْ، هِيَ: الْمَاجِنَتَا وَالسَيَّانُ وَالْأَصْفَرُ وَالْأَسْوَدُ. إِنَّ مَزْجَ هَذِهِ الْأَلْوَانِ بِنِسَبٍ مُخْتَلِفَةٍ يُنتِجُ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْمُخْتَلِفَةِ الَّتِي يُمَكِّنُنَا رَوَيْتُهَا. فَعِنْدَمَا يُحَضَّرُ كِتَابٌ أَوْ مَجَلَّةٌ لِلطَّبَاعَةِ، تُمَسَّحُ الصُّوَرُ الْمُلَوَّنَةُ لِقَرَزِ الْأَلْوَانِ الْأَرْبَعَةِ هَذِهِ فُوتُوغَرَفِيًّا. وَتُسْتَخْدَمُ الْأَفْلَامُ مُسْتَقِلَّةً لِحَضِيرِ صَفِيحَةٍ طَبَاعِيَّةٍ لِكُلِّ لَوْنٍ.

يَفْتَقِصُ الْأَصْفَرُ الضَّوْءَ الْأَزْرَقَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَحْمَرِ وَالْأَخْضَرِ.

يَفْتَقِصُ الْمَاجِنَتَا الضَّوْءَ الْأَخْضَرَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَحْمَرِ وَالْأَزْرَقِ.

يَفْتَقِصُ السَيَّانُ الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ، وَيَعْكُضُ مَزِيجًا مِنَ الْأَزْرَقِ وَالْأَخْضَرِ.

مَزْجُ الدَّهَانَاتِ

مَزْجُ الْأَلْوَانِ فِي الدَّهَانَاتِ يَمَعْمَلُ بِالطَّرْحِ اللَّوْنِيِّ. فَحُبُورُ الْمَاجِنَتَا وَالسَيَّانِ وَالْأَصْفَرِ يَمْتَصُّ كُلُّ وَاحِدٍ مِنْهَا لَوْنًا أَوَّلِيًّا وَاحِدًا فَقَطْ مِنَ الضَّوْءِ الْأَبْيَضِ. فَبِمَزْجِ أَيِّ لَوْنَيْنِ مِنْ هَذِهِ الْأَلْوَانِ الثَّلَاثَةِ يَتَنَجَّى دِهَانٌ نَاصِعٌ أَوَّلِيٌّ اللَّوْنِ. أَمَّا مَزْجُ الْأَلْوَانِ الثَّلَاثَةِ مَعًا فَيُنتِجُ اللَّوْنُ الْأَسْوَدَ.

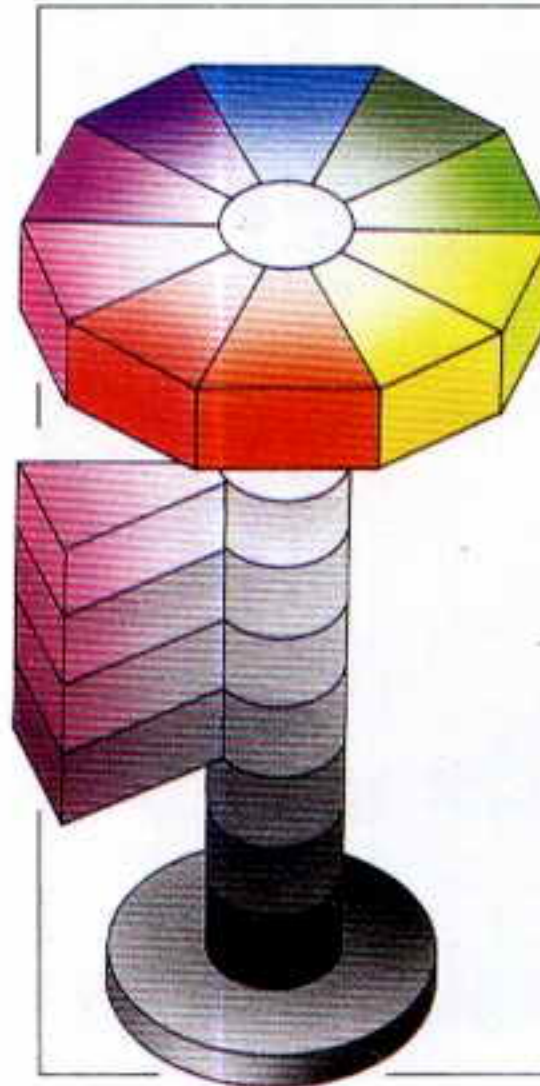


فِي ضَوْءِ النَّهَارِ، يَعْكِسُ زَوْجُ الْأَحْذِيَةِ الْقَمَاشِي الْأَحْمَرُ الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ فَقَطْ وَيَمْتَصُّ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْآخَرَى.

فِي الضَّوْءِ الْأَزْرَقِ، يَمْتَصُّ الْخُضْبُ الْأَحْمَرُ الضَّوْءَ الْأَزْرَقِ، فَيَبْدُو الْحَذَاءُ أَسْوَدَ.

زَوْجُ أَحْذِيَةِ أَحْمَرَ أَوْ أَسْوَدَ؟

زَوْجُ الْأَحْذِيَةِ الْقَمَاشِي الْأَحْمَرُ، أَعْلَاهُ، يَبْدُو أَحْمَرَ فِي ضَوْءِ النَّهَارِ، أَوْ عِنْدَمَا يُضَاءُ بِالضَّوْءِ الْأَحْمَرِ لِأَنَّهُ يَعْكِسُ الضَّوْءَ الْأَحْمَرَ فَقَطْ، وَيَمْتَصُّ جَمِيعَ الْأَلْوَانِ الْآخَرَى. أَمَّا عِنْدَ إِضَاءَتِهِ بِالضَّوْءِ الْأَزْرَقِ فَإِنَّهُ يَبْدُو أَسْوَدَ، لِأَنَّ خُضْبَهُ الْأَحْمَرَ يَمْتَصُّ كُلَّ الضَّوْءِ الْأَزْرَقِ؛ وَلَيْسَ مِنْ ضَوْءٍ أَحْمَرَ لِيَعْكُضَهُ.



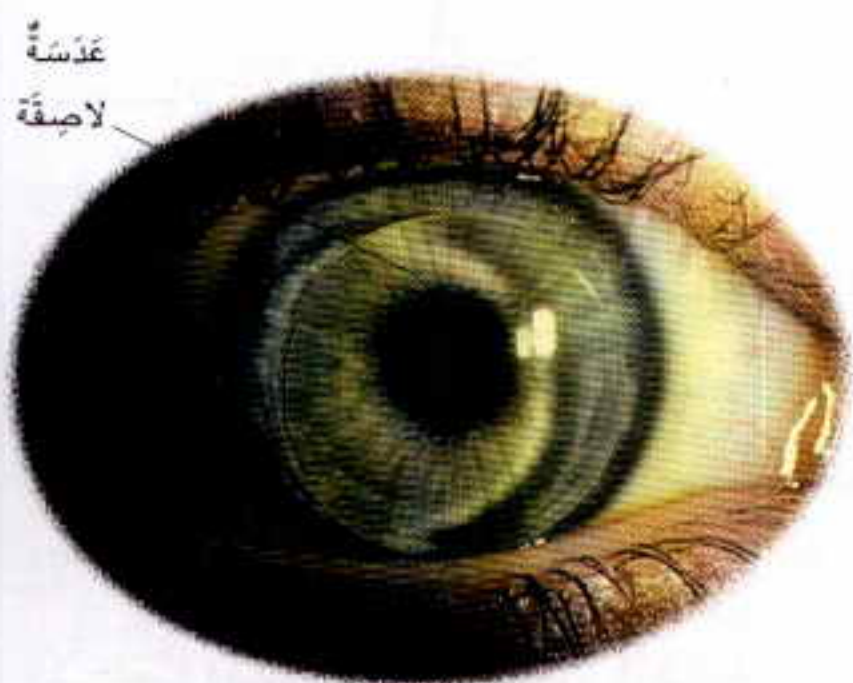
شَجَرَةُ «مَنْصِلِ» اللَّوْنِيَّةِ

إِذَا سَبَقَ لَكَ وَحَاوَلْتَ مُضَاهَاةَ لَوْنٍ بِدَقَّةٍ تَامَّةٍ فَلَعَلَّكَ خَبَرْتَ الصُّعُوبَةَ الْبَالِغَةَ فِي ذَلِكَ. فَالْعَيْنُ الْبَشَرِيَّةُ حَسَّاسَةٌ بِشَكْلِ يَفُوقُ التَّصَوُّرَ لِلْفَوَارِقِ اللَّوْنِيَّةِ الطَّفِيفَةِ جِدًّا حَتَّى لَتَسْتَطِيعَ تَمْيِيزَ قُرَابَةِ عَشْرَةِ مَلَايِينَ تَلَوْنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ الدَّرَجَةِ. إِنَّ شَجَرَةَ مَنْصِلِ اللَّوْنِيَّةِ هِيَ نِظَامٌ لَتَصْنِيفِ الْأَلْوَانِ؛ بَحِثْ تَقَاسُ الثَّقَبَةِ (اللُّوْنُ الْأَسَاسِي) وَالتَّلَوْنِيَّةِ (التَّسْبُعُ اللَّوْنِي) وَالْجَلَاءُ (إِشْرَاقُ اللَّوْنِ أَوْ قَنَامَتُهُ)؛ ثُمَّ يُوَضَّعُ كُلُّ لَوْنٍ فِي مَوْقِعِهِ عَلَى الشَّجَرَةِ. فَتُسَبِّبَانِ الثَّقَبَةَ مِنْ مَوْقِعِهَا عَلَى مُحِيطِ الشَّجَرَةِ، وَالتَّسْبُعُ اللَّوْنِي مِنْ بُعْدِهِ عَنِ الْجَذَعِ، وَالْجَلَاءُ مِنْ مَوْقِعِهِ عَلَى الْجَذَعِ.

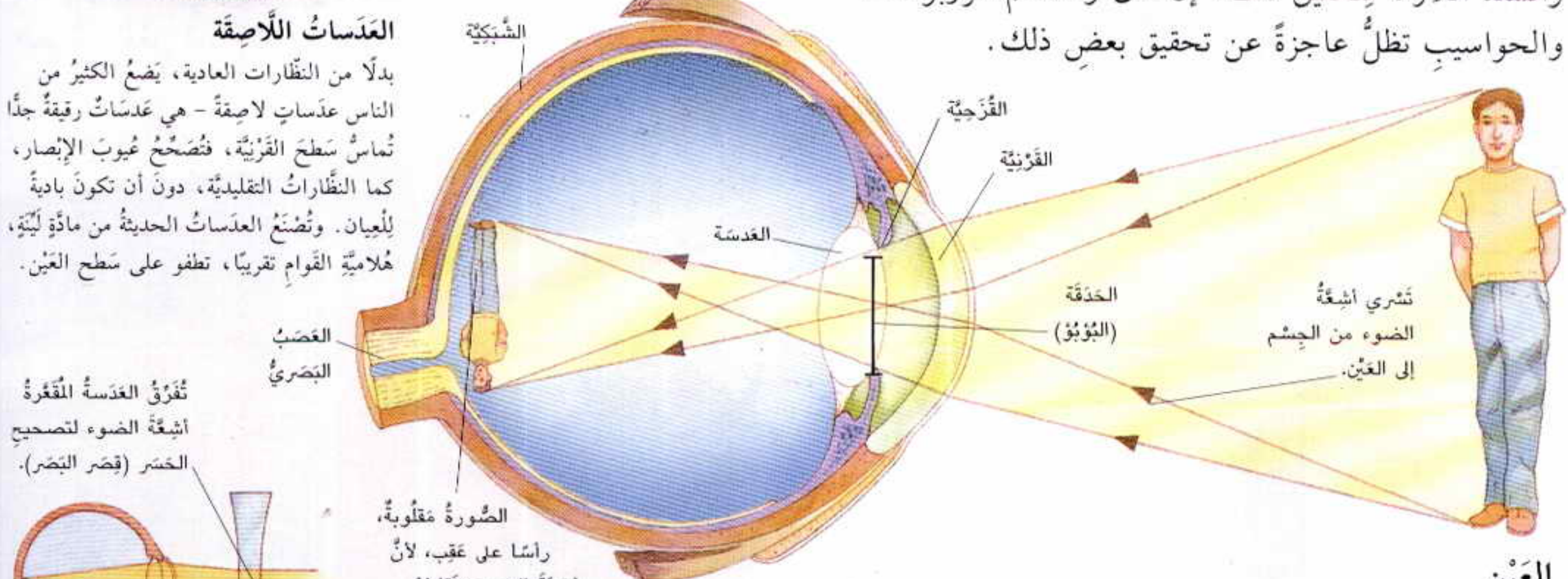
لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْأَصْبَاغُ وَالْخُضْبُ ص ١٠٢
الْقَطِيفُ الْكَهْرْمَغْنَطِيسِي ص ١٩٢
الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
الْأَلْوَانُ ص ٢٠٢

الإبصار



الطريقة التي تعمل بها العينان والدماغ لإنتاج الصور فائقة الدقة والتعقيد. فالضوء الذي تستقبله شبكية العين، بعد أن كسره المكيف، تحوله خلاياها الحساسة للضوء إلى طاقة كيميائية؛ وهذه الطاقة تفعل الأعصاب لتنتقل هذه الرسالة الكهروعضوية إلى الدماغ الذي يحللها ويحسبها ويصدر آتيا التعليمات المناسبة لمواجهتها. وهذا ما تتمثل في لاعب التنس أو البيسبول الذي يرقب بعينه الطابة الصغيرة منطلقة نحوه بسرعة تقارب ١٦٠ كم/سا، فيقدر دماغه المدى والموقع الذي ترد منه الطابة، والحركة والاتجاه والشدة اللازمة لتحقيق ذلك. إن أدق وأضخم الروبوتات والحواسيب تظل عاجزة عن تحقيق بعض ذلك.



العين

العين البشرية كرة عاسية مليئة بسائل ومستقرة في محجر عظمي. في مقدمتها طبقة شفافة واقية هي القرنية التي تسهم أيضا في تركيز الضوء. الجزء الملون الظاهر من العين، هو القزحية التي تضبط كمية الضوء المار عبر حديقها (البؤبؤ)، فتضيئها في الضوء الساطع وتوسعها في الضوء الخافت. يتفد الضوء إلى العدسة فتركزه على الشبكية، التي تحوي طبقة من الخلايا الحساسة للضوء. هذه الخلايا ترسل، عن طريق العصب البصري، إشارات إلى المخ حيث تؤوّل إلى معلومات تولّف عالمنا المنظور.



رُفَعَةُ الشَطْرُنَج - كما تراها العين اليمنى

الخدع البصرية

كثير من المعلومات التي نستنتجها من صور الأشياء مبني على معرفتنا المسبقة بما يجب أن تكونه. فمثلا نقدر المسافة بيننا وبين جسم ما لأننا نعرف حجمه الفعلي ونعرف كم سيبدو حجمه على بُعد معين. لكننا قد نكون مخدوعين! فالخدعة البصرية قد تضللنا فيما يتعلق بالحجم النسبي للجسم، بوضعه في غير موقعه المتوقع. فالكرتان المبيتان هنا تبدوان متساويتا الحجم، لكن الكرة الخلفية هي كرة قدم والامامية هي كرة جولف.



الكرتان تبغذ إحداها عن الأخرى بحوالي ٢,٧ متر

الإبصار المجسم

الإبصار بعينين أثنين يساعدنا في تقدير مواقع الأجسام وبعدها بدقة. فإذا نظرت إلى إصبعك، بعين واحدة أولا ثم بالعين الأخرى تجد أن إصبعك قد تحرك من موقعه. وهذه الحركة تزداد أكثر فأكثر كلما قربت إصبعك إلى عينيك. والدماغ هو الذي يوحّد منظور العينين اليمنى واليسرى في صورة وحيدة مجسمة (ثلاثية الأبعاد).

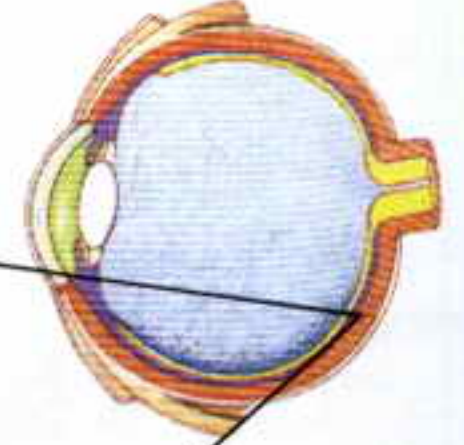


رُفَعَةُ الشَطْرُنَج - كما تراها العين اليسرى

تحتوي الشبكية طبقة من الخلايا الحساسة للضوء تسمى نوابيت الشبكية ومخاريطها.

مخاريط الشبكية حساسة للألوان المختلفة.

خلايا عصبية



نابيت الشبكية ومخاريطها

تحتوي الشبكية نوعين من الخلايا الحساسة للضوء - هي النابيت والمخاريط. تحوي العين قرابة 6,000,000 خلية من المخاريط و 120,000,000 من النابيت. تستجيب المخاريط للثور الساطع وأطوال الضوء الموجية المختلفة، فتمكّننا من إدراك الألوان. أما النابيت فحساسة للضوء الخافت، ولا تستجيب للألوان.

نابيت الشبكية حساسة لمستويات الضوء الخفيفة.

في ضوء الشمس الساطع تعمل نوابيت الشبكية ومخاريطها بكامل فعاليتها، وتكون الفروق اللونية واضحة.

ليلاً ونهاراً

تبدو لنا الفروق اللونية واضحة في ضوء الشمس الساطع لأن خلايا مخاريط الشبكية ونابيتها منشطة بالكامل. أما في ضوء القمر، فتستأثر النابيت فقط وتبدو الفروق اللونية أقل وضوحاً بكثير.

في ضوء القمر تستأثر النابيت فقط، فلا نستطيع إدراك الألوان.

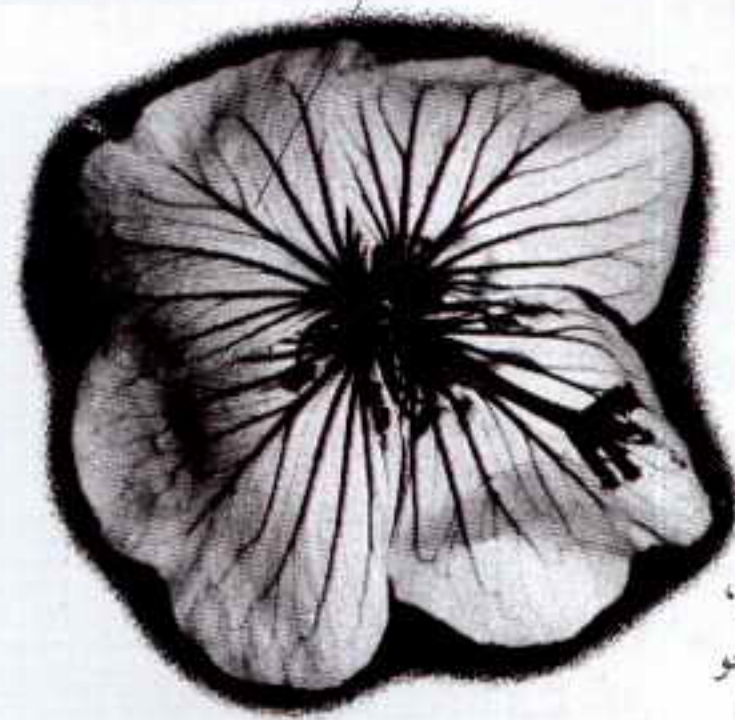


سلسلة من النقاط الحمراء

نقطة صفراء

نقطة حمراء

خطوط دليلية تظهر بالضوء فوق البنفسجي.



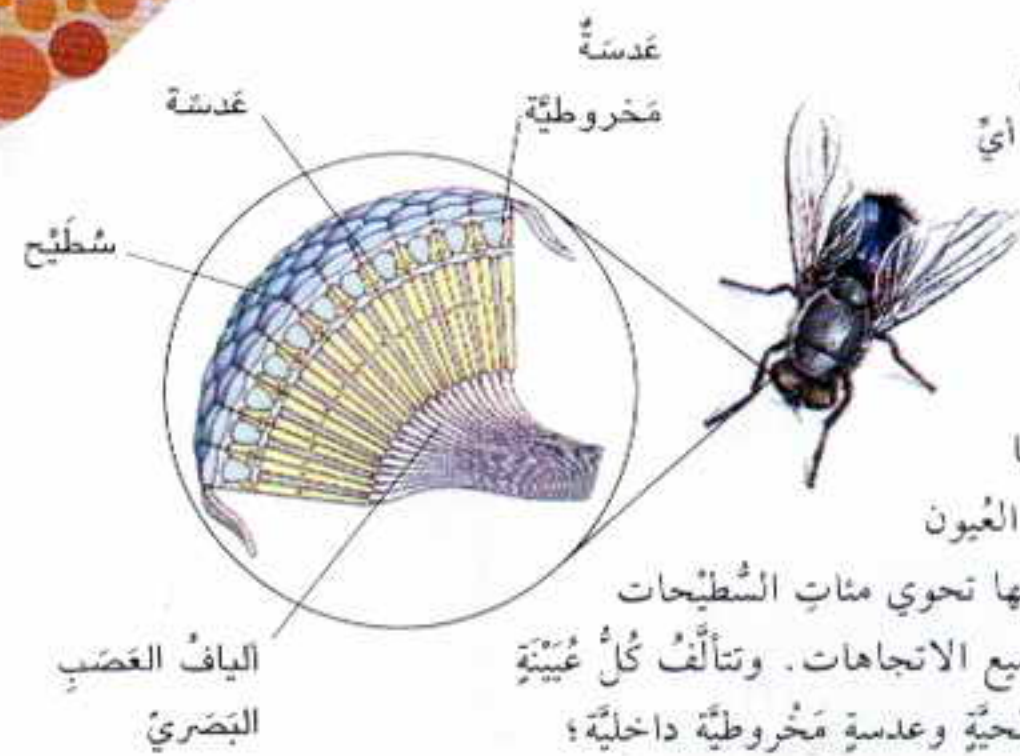
المراى الحشري

عيون الحشرات حساسة لقسم من الطيف الكهرمغناطيسي غير القسم الذي تراه عين الإنسان. فالحشرات تبصر الضوء فوق البنفسجي الذي لا نستطيع عين الإنسان تمييزه. بعض الأزهار طوّرت مع الزمن خطباً تُرى فقط في الضوء فوق البنفسجي، وهذه تُشكل خطوطاً دليلية تُوجّه النحل نحو الرحيق واللقاح (غبار الطلع).

كم لونا يُمكنك رؤيته؟

إذا كان إحصارك للألوان سويًا، يُمكنك رؤية سلسلة النقاط الخضراء المخفأة في هذه الشبكة من النقاط الحمراء والصفراء. إن حوالي واحدًا من ١٥ من الذكور لا يستطيع إحصار هذا النمط لأنه أعمى الأحمر والأخضر. والناس ذوو مثل هذا العمى لا يتحسسون الفرق بين الأحمر والأخضر - كما يدركه ذوو الإبصار السوي. أما نسبة ذوي هذا العمى من الإناث فضئيلة - إذ لا تتعدى نسبة من يجدن صعوبة في تبيين النمط الظاهر في هذه الشبكة الواحدة في الألف.

الدبابه تستطيع رؤيتك أتيا من أي اتجاه.

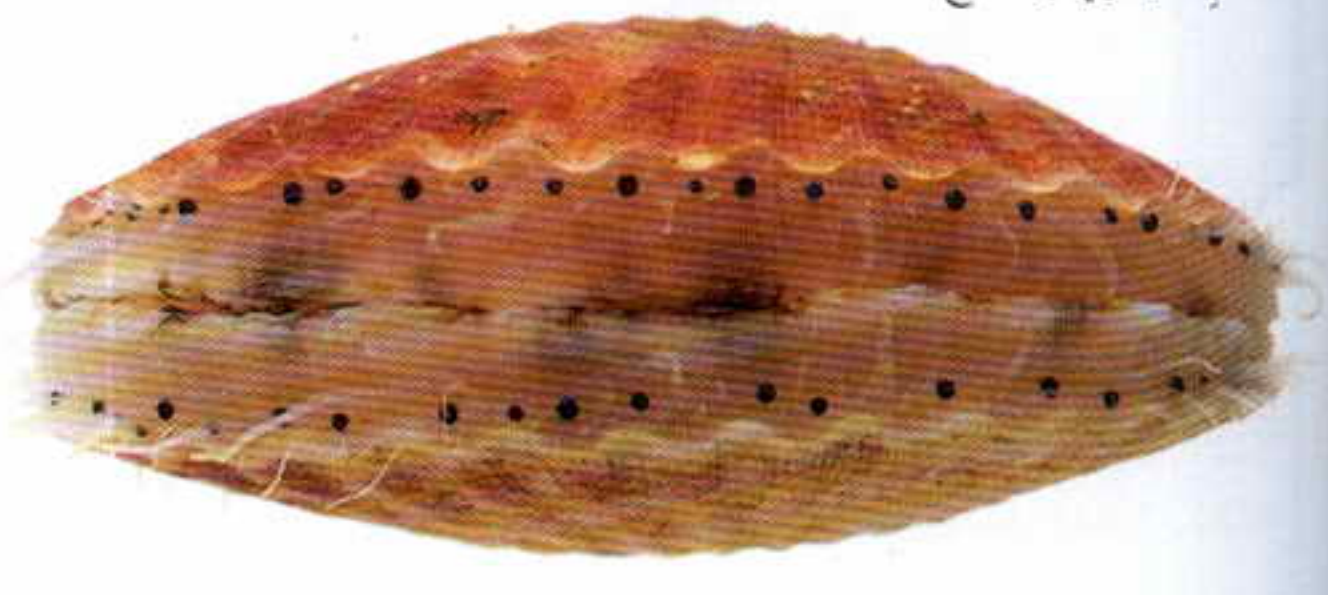


العيون المركبة

لدى الدبابه بالمنشأ قُلما يُصيها لأن لها مئات العيون المركبة! كل واحدة منها تحوي مئات الشبكات العينية في مواجهة جميع الاتجاهات. وتتألف كل عينية من عدسة خارجية سطحية وعدسة مخروطية داخلية؛ وتعمل هاتان العدستان على تركيز الضوء وتوجيهه نحو العصب البصري والدماغ.

العين البسيطة

جهاز البصر في المحارة يتكوّن من صف من العيون البسيطة الأشبه بالكاميرات ذات الثقب، لكنّها حساسة للضوء. بهذا الجهاز تستطيع المحارة اكتشاف حركة الحيوانات الضارية فتتفعل بمصراعها بسرعة حتى زوال الخطر.

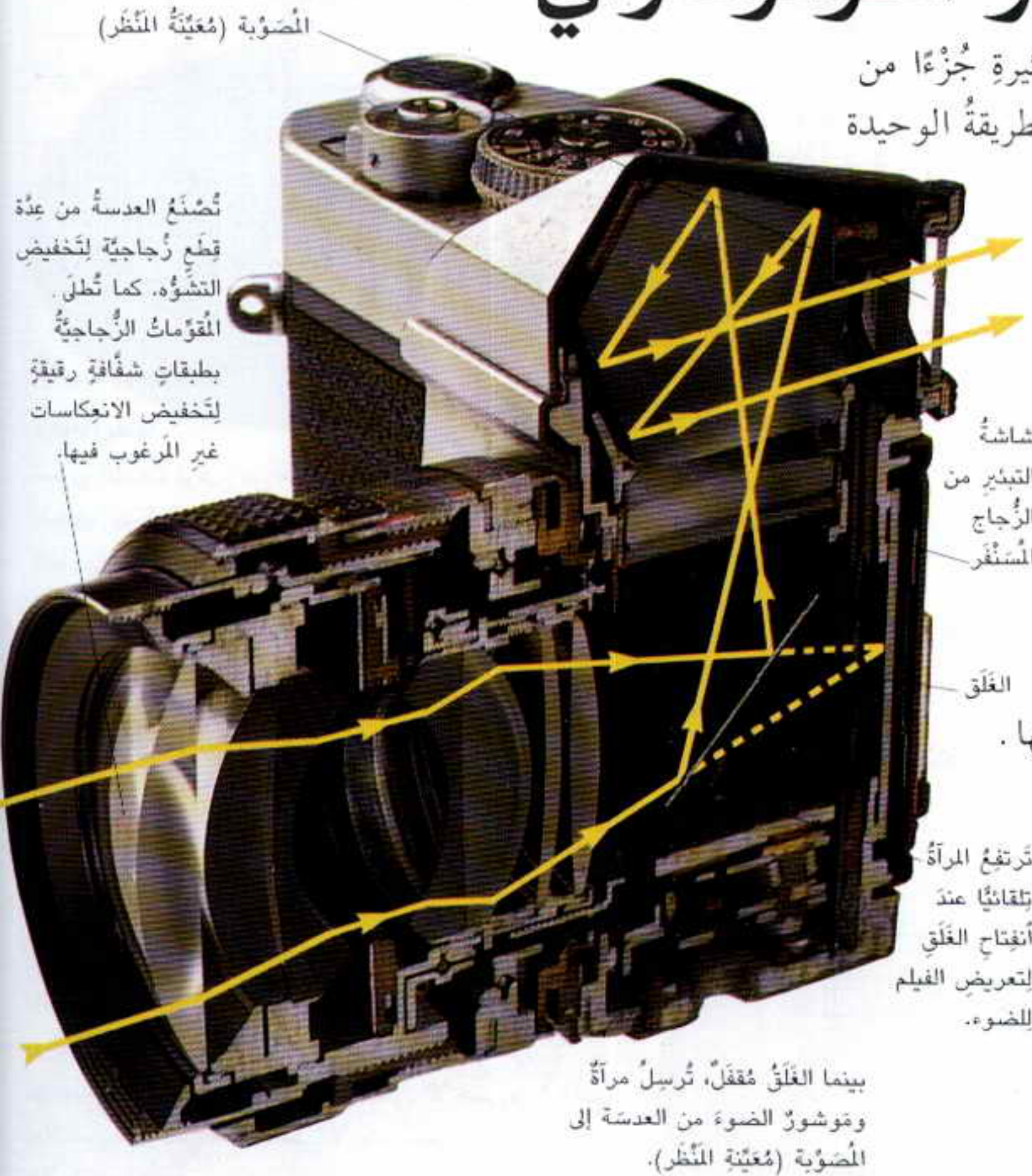


لمزيد من المعلومات انظر

الطيف الكهرمغناطيسي ص ١٩٢
العدسات ص ١٩٧
الألوان ص ٢٠٢
التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦
الحواس ص ٣٥٨

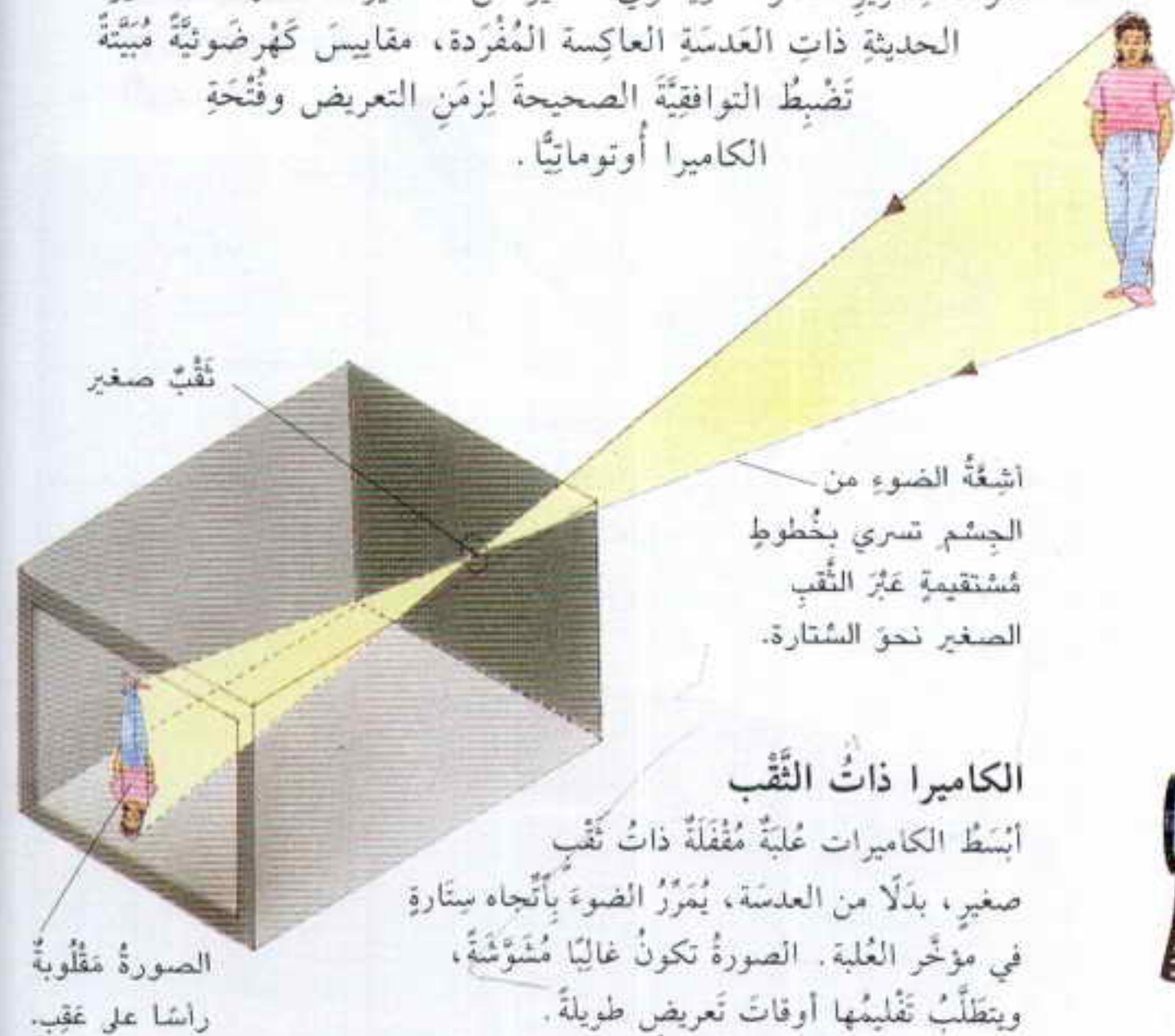
التصوير الفوتوغرافي

تُشكّل صُورُ الأخبارِ والرّحلات والدّعائيات والأزياء المُثيرة جُزءًا من حياتنا اليوميّة، حتّى صارت شيئًا عاديًّا مألوفًا. وكانت الطريقة الوحيدة لتسجيل المشاهد، حتّى القرن التاسع عشر، هي رسمها بأقلام الفحم والجبر والشمع أو تصويرها بالدهانات الملونة. وفي عام ١٧٢٧، اكتشف الطبيب الألماني، جوهان شولتز، أن نترات الفضة يَتَمُّ لونها عند تعريضها للضوء. لكن لم يتمّ تحضير أول صورة فوتوغرافية إلا حين نجح الفرنسي، جوزيف نيس، في تسجيل أول صورة كيموسوتية. وقد ظهرت الصُورُ الفوتوغرافية الأولى بظلال رمادية فضيّة خافتة، ولم تكن تُرى إلا من زوايا مُعيّنة فقط. لكن كسائر الاكتشافات العلميّة الأخرى، ظلّ العملُ جاريًا من قِبَل الكثيرين على تحسينها. وبالإمكان اليوم رسم صُور فوتوغرافية إلكترونيّة على أسطوانات حاسوبية باستخدام كاميرا الفيديو الساكنة. فحقّق «التصوير الضوئي» بذلك خطوات مهمّة.



الكاميرا

تعملُ جميعُ الكاميرات بتركيز الكميّة الملائمة من الضوء على فيلم فوتوغرافي لتكوين الصورة. ويُمكن تغيير هذه الكميّة بتعديل الفتحة - وهي الثقب الذي يمرّ الضوء من خلاله، وبتغيير زمن التعريض - وهو المدة التي يبقى الغلق خلالها مفتوحًا لتمرير الضوء. ويحوي الكثير من الكاميرات، كهذه الكاميرا الحديثة ذات العدسة العاكسة المُفردة، مقياس كهروضوئيّ مُبيّن تَضَبُّط التوافقية الصحيحة لزمن التعريض وفتحة الكاميرا أوتوماتيًّا.



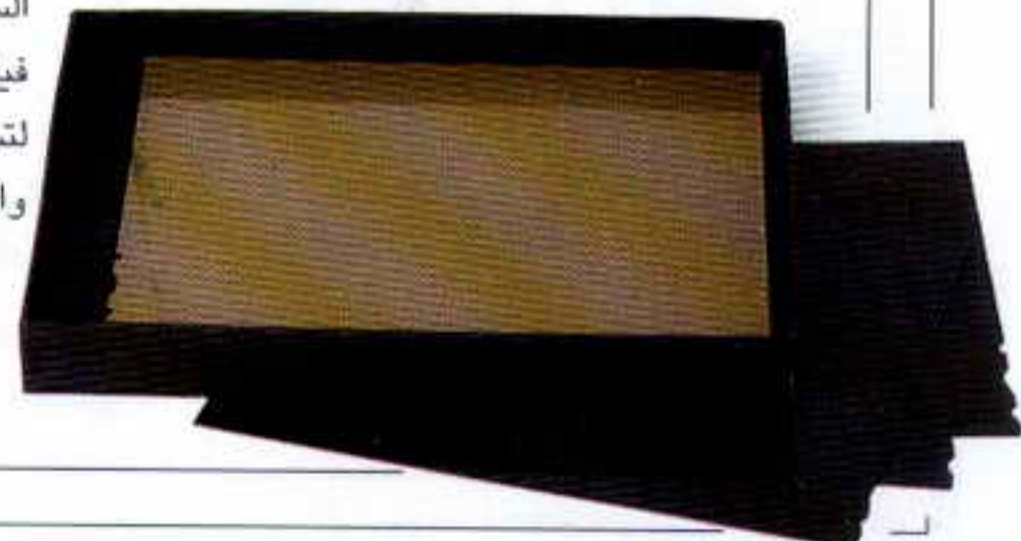
القمرّة المظلمة

صُمّمت الكاميرات الأولى على نسق القمرّة (الحجرة) المظلمة. وكانت هذه تتألّف من حجرة مظلمة تُعرض فيها صُور المناظر الطبيعيّة المحيطة مُسقطة من خلال عدسة. ورغم كونها وسيلةً سلبية ناجحة في زمانها، فإنّه لم يكن بالإمكان تسجيل صُورها.



شكل وحجم الأفلام

كانت الصُورُ الفوتوغرافية الأولى تُسجّل على صفائح معدنيّة أو زجاجيّة. أمّا الأفلام الحديثة اللدائيّة المرنة فهي أكثر تنوعًا وأدقّ تقانة؛ وتُصنّع بمقاسات وشرعات واسعة المدى لثلاثم الأغراض المختلفة. إنّ سرعة الفيلم هي مقياس لكميّة الضوء التي يجب أن تسقط عليه للتعريض الصحيح. فالأفلام السريعة يلزمها زمن تعريض قصير، ممّا يكفل عدم تَضَبُّب الصورة مع اهتزاز الكاميرا. أمّا الأفلام الأبطأ فتُسجّل تفاصيل أكثر لأنّها بهذا التعريض تُكوّن حبيبات فضيّة أدق.



معالم في تاريخ التصوير الفوتوغرافي

١٨٢٢ جوزيف نيس بلنك أول صورة فوتوغرافية.

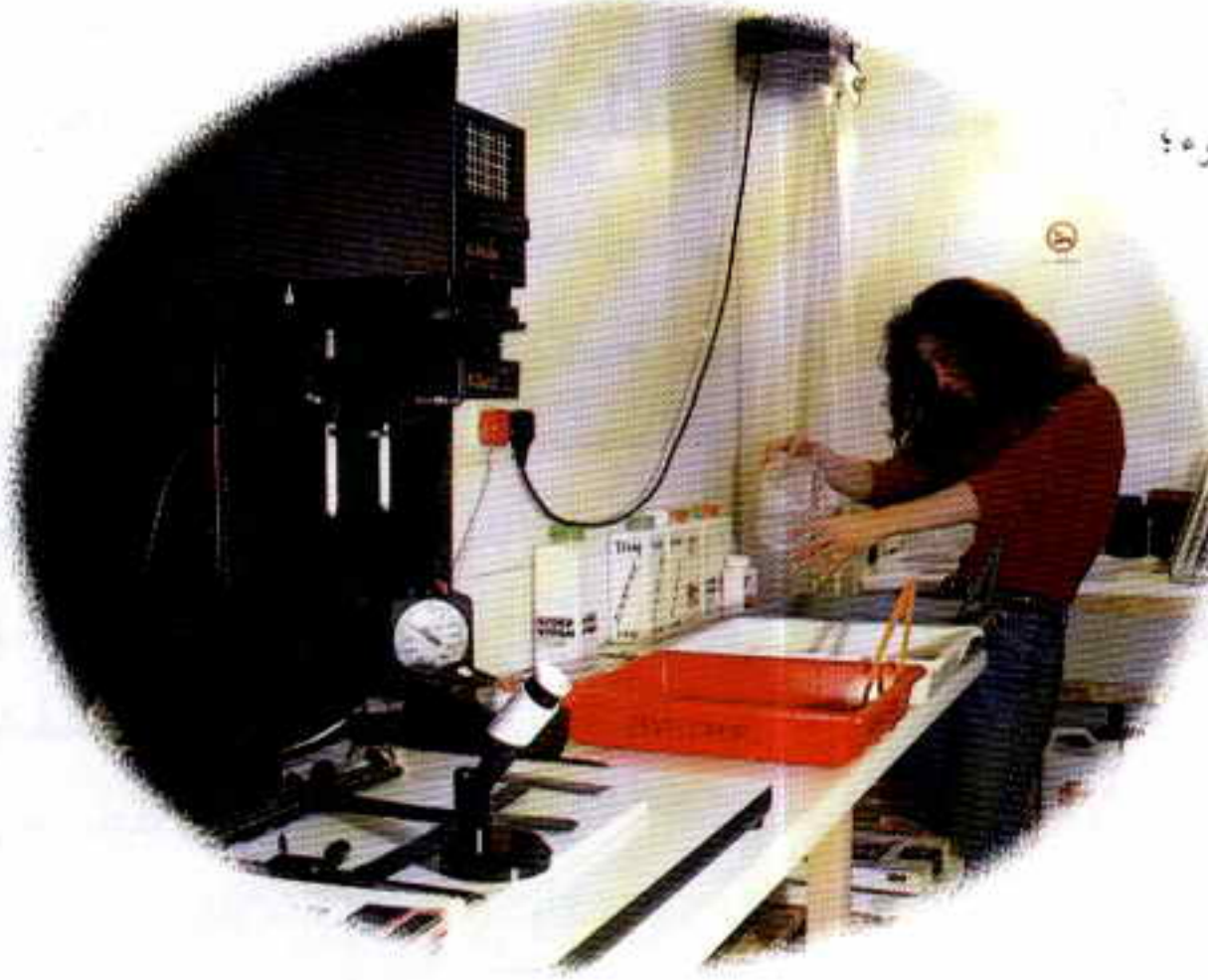
١٨٣٩ لويس داجر بلنك أول صورة فوتوغرافية لشخص.

١٨٤١ ولیم فوگس تالوت بخرع طريقة التصوير سلبية داخل الكاميرا تطبع منها صور موجبة لاحقاً.

١٨٦١ جيمس كلارك ماكسويل بلنك أول صورة فوتوغرافية ملونة.

١٨٨٨ جورج إسمان يؤسس شركة كوداك لتسويق الأفلام الملفوفة المرونة والكاميرات الصندوقية الرخيصة الثمن.

١٩٤٨ إدوين لاند يسوق كاميرا البولارويد للتصوير الفوري.



حجرة مظلمة

فيلم التصوير مطلي بكيماويات حساسة للضوء؛ لذا يجب تطوير الفيلم وطبعه في حجرة مظلمة. تنطوي طريقة إنتاج صورة فوتوغرافية بالأبيض والأسود على مرحلتين - وفي كل مرحلة عدة خطوات. عند تطوير فيلم الصور المطبوعة نحصل أولاً على صورة سلبية. ثم نحول هذه إلى صورة موجبة بطبعها على ورقة فوتوغرافية.

التطوير

في الحجرة المظلمة يخرج الفيلم المعرض من علبة ويلف على بكر؛ ثم يغمس في مغطس يحوي كيماويات تظهر الصورة. بعد ذلك يشطف الفيلم بالماء وتضاف إليه كيماويات أخرى تثبت الصورة.



التكبير والطبع

يمكن طبع السلبية بعد شطفها بالماء وتجفيفها. فتوضع في جهاز التكبير، ثم تسلط عليها نور ساطع، فتكون عدسة الجهاز لها صورة مكبرة على ورقة حساسة للضوء. بعد ذلك تظهر الطبعة المكبرة ويجري تثبيتها بالطريقة نفسها كما الفيلم.

الاجزاء القائمة من السلبية
تعرض ضوءاً أقل من
الاجزاء المفتوحة لونا.



معالجة الألوان

الأفلام الملونة تعمل بطريقة مماثلة لأفلام الأسود والأبيض، لكن تغطي الفيلم الملون ثلاث طبقات، كل طبقة حساسة للون واحد من الضوء - الأزرق أو الأخضر أو الأحمر. عند معالجة الفيلم، تضاف إلى طبقاته أصباغ الأصفر والماجنتا والسيان، فتتج الصورة بكامل ألوانها.



سلبية ملونة

موجبة ملونة وسلبية ملونة

هنالك نوعان من الأفلام الملونة، موجبة وسالبة. فعندما يعالج الفيلم الملون الموجب يعيد إنتاج الألوان التي تعرض لها، ويعطي شريحة شفافة موجبة بالألوان. أما عندما يعالج الفيلم الملون السالب فإنه ينتج صورة سلبية تتحول إلى صورة موجبة بعد طبعها على ورقة فوتوغرافية.



موجبة ملونة

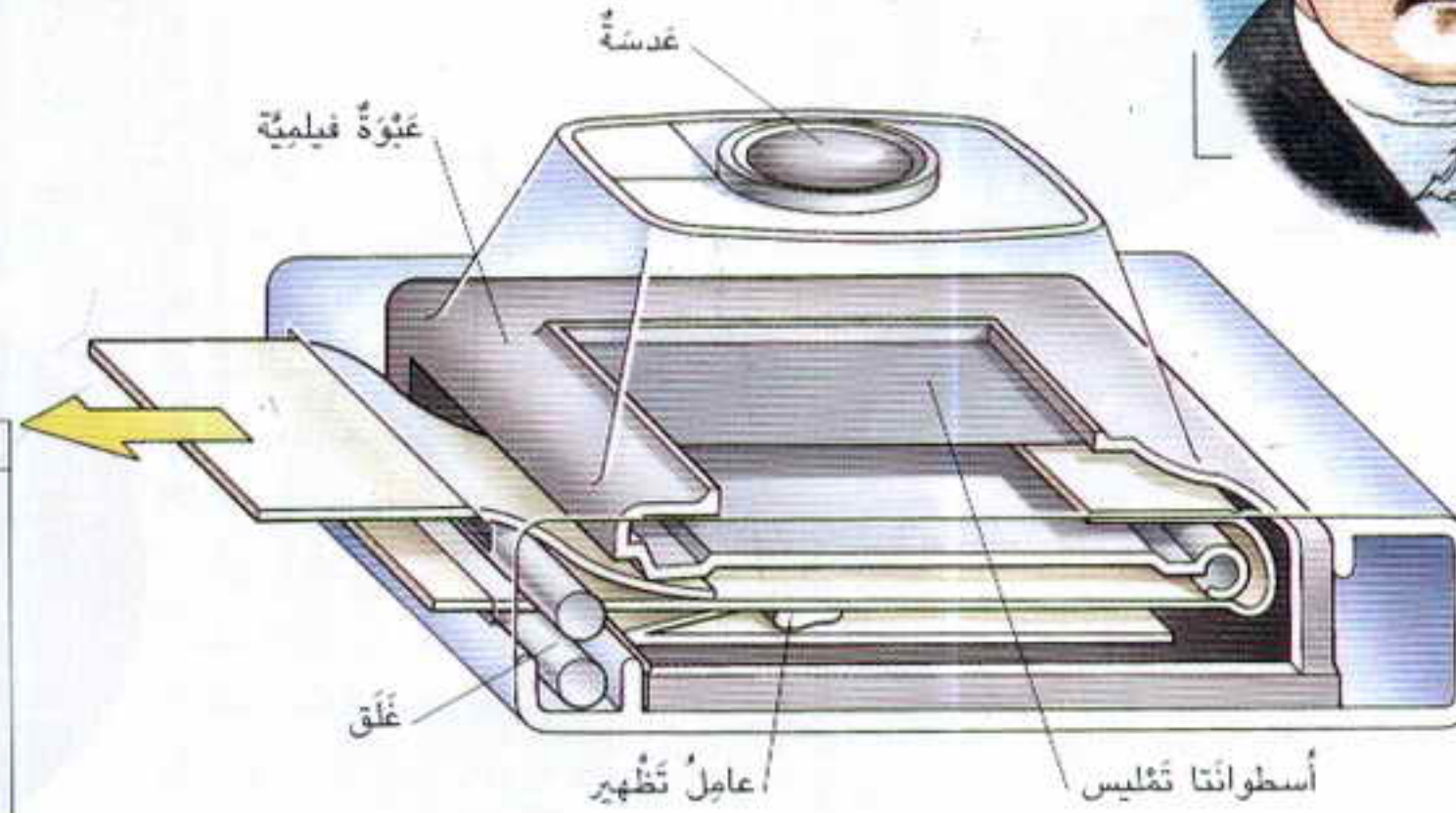


جوزيف نيس

حقق جوزيف نيس (١٧٥٦-١٨٣٣) أول صورة فوتوغرافية حين ركز المنظر، الذي تطل عليه نافذته، على صفيحة من البوتور مطلي بالقار الحساس للضوء، وتركها تتصلب لمدة ثماني ساعات. غير أن شريكه لويس داجر (١٧٨٧-١٨٥١) طور فيما بعد طريقة أكثر حساسية (نمط داجر) تتم في أقل من دقيقة تعريض.

فيلم البولارويد

ينتج فيلم البولارويد صوراً فورية. فعندما يسحب الفيلم المعرض للضوء من عبوته الفيلمية، تضغط أسطوانتا التمليس كيماويات على سطحه تظهر الصورة في حوالي دقيقة. ويحوي الفيلم ذاته تسع طبقات منفصلة، منها ثلاث حساسة للضوء. وخلال التطوير تنتشر أصباغ السيان والأصفر والماجنتا عبر الصورة.



لمزيد من المعلومات انظر

- الفلاش الانتقالية ص ٣٦
- الهالوجينات ص ٤٦
- العدسات ص ١٩٧
- الألوان ص ٢٠٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٢

السينما

كانت بدعة تسجيل الصور على أفلام حدثًا مثيرًا جعل الناس يتطلعون بتوق إلى تقصي سبل لتسجيل صور متحركة. وكان توماس أديسون أول من حقق ذلك عام ١٨٩٣، في أفلام لا تزيد مدتها على ١٥ ثانية، ولا تمكن مشاهدتها لأكثر من شخص واحد في وقت واحد، بواسطة مكنة تدعى الكينيتوسكوب أي مكشاف الحركة. وفي العام ١٨٩٥ تمكن الأخوان الفرنسيان أوغست ولويس لوميير من عرض صور متحركة على ستارة لأول مرة أمام نظارة. وكانت الأفلام الأولى رفاة صامتة وبألوان الأبيض والأسود. ولم تظهر أفلام هوليود الناطقة إلا عام ١٩٢٧. وفي الثلاثينيات دخلت الأفلام الملونة عالم السينما. واليوم أصبح خبراء الصناعة السينمائية، لا خبراء بارعين في عرض القصة فقط، بل أيضًا خبراء في مختلف مفاهيم علم الصوت والضوء المتعلقة بصناعتهم.



الفيلم السينمائي

الفيلم السينمائي هو في الحقيقة سلسلة من الصور الساكنة تلتقط واحدتها تلو الأخرى بسرعة. فالكاميرا السينمائية الحديثة تلتقط ٢٤ إطارًا (صورة) في الثانية. وعند عرض هذه الصور متتابعة بالمعدل نفسه على الشاشة يراها المشاهد متحركة - إذ تظل العين محتفظة بالصورة حتى بعد مرورها.

الكاميرا السينمائية

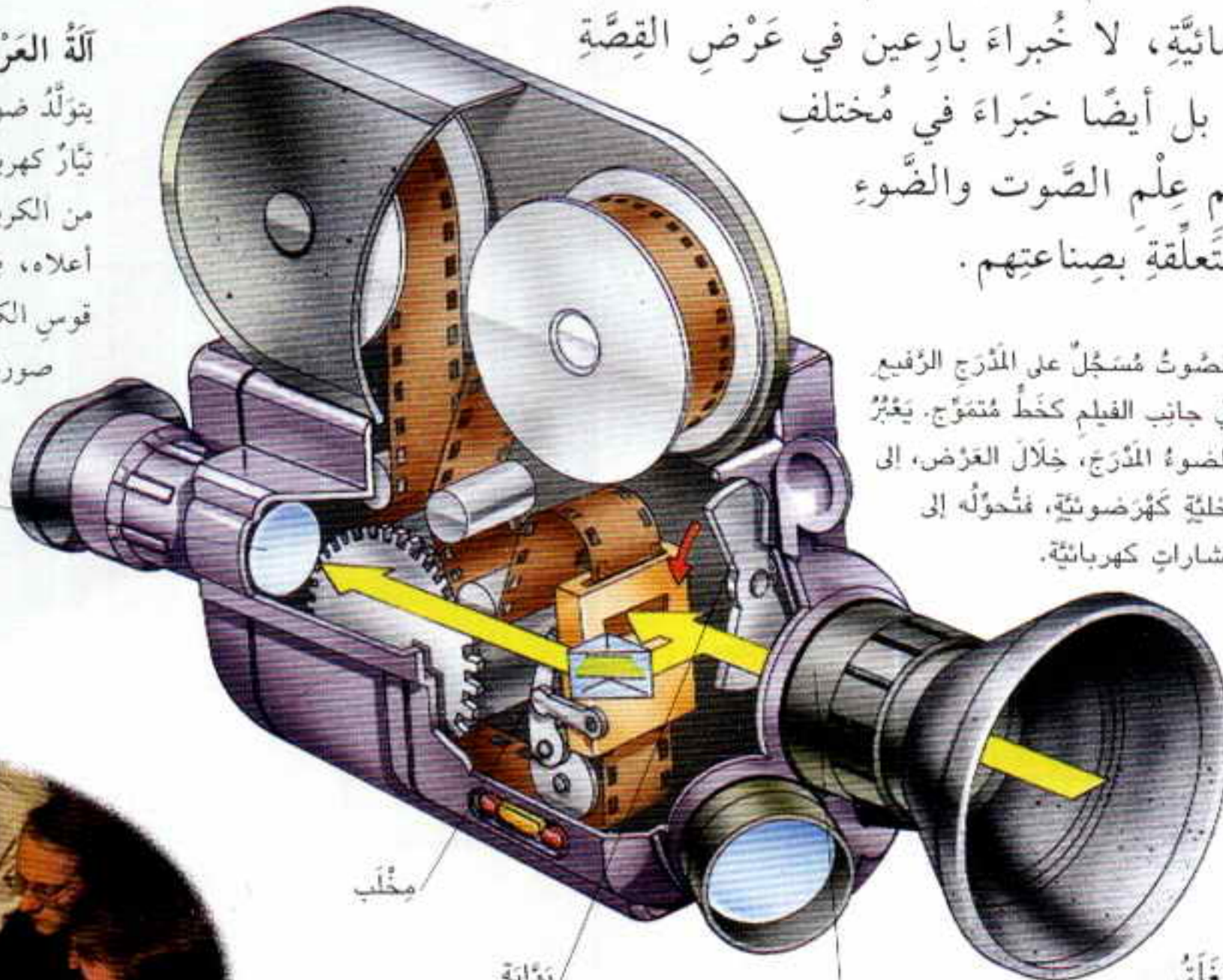
في الكاميرا السينمائية الشغالة، يدور الغلق - فتحًا وغلقًا بالتناوب ٢٤ مرة في الثانية، عارضًا أطر الفيلم كل إطار بدوره. فعندما يكون الغلق مغلقًا، يشبك المخلب بالشقوب في جانب الفيلم ويسحب الإطار التالي نحو البوابة ليتم تعريضه. إن حركة المخلب والفيلم النحيفة هي التي تسبب الضجيج الأزار الذي تسمعه كلما شغلت الكاميرا السينمائية أو آلة العرض.



آلة العرض السينمائي

يتولد ضوء أبيض بالغ الشدة عندما يسري تيار كهربائي عبر فجوة صغيرة بين قضيبين من الكربون. في آلة العرض السينمائي، أعلاه، طراز الخمسينيات، ينتج مصباح قوس الكربون ما يكفي من الضوء لإسقاط صورة ساطعة على شاشة كبيرة.

ينعكس الضوء على الغلق المقلد ثم ينحرف بواسطة المؤشر نحو المصوّر مشاهدة الصورة.



الصوت مسجل على المدرج الرفيع في جانب الفيلم كخط متعرج. يعبر الضوء المدرج، خلال العرض، إلى خلية كهروضوئية، فتحوّله إلى إشارات كهربائية.

تبارر الصورة بتحريك العدسة نحو الفيلم أو بعيدًا عنه.

كانت الزوتروپ من الدمي البصرية الشائعة في القرن التاسع عشر.



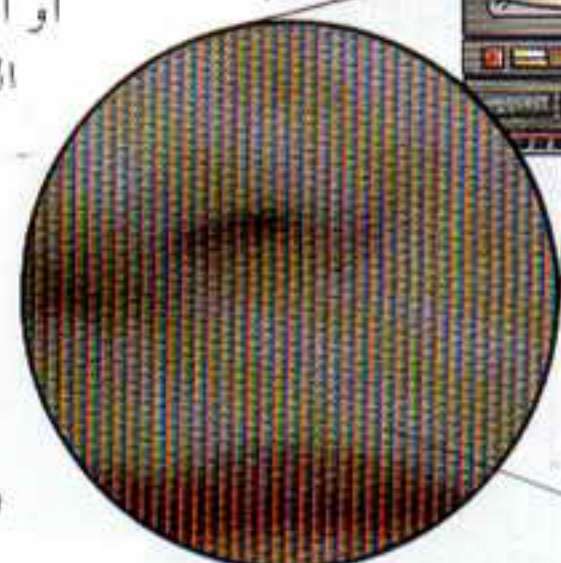
الزوتروپ (أسطوانة الأشكال المتحركة)

كانت دمية الزوتروپ تتألف من أسطوانة مشقبة بداخلها صف من الصور، تظهر كل واحدة منها لجزء من الثانية عبر شق من الشقوب كلما دوّمت الأسطوانة. فإذا دوّمت الأسطوانة بسرعة كافية فإن الصور تتداخل بعضها مع بعض فتبدو كأنها تتحرك.

التلفزيون والفيديو

تتكون الحركة على ستارة التلفزيون أو الفيديو بطريقة مماثلة لتكوينها على الفيلم السينمائي. إن معظم أجهزة التلفزيون تعرض صورة كاملة ٢٥ مرة في الثانية. وإذا تفحصت الصورة على شاشة التلفزيون بعدسة مكبرة يمكنك مشاهدة النقط الحمراء والخضراء والزرقاء التي تتألف منها.

تتألف الصورة من شقبي حثري وخضري ورزقي.



تتجمع النقط لتكوين شقبة.

لمزيد من المعلومات انظر

- التلفزيون ص ١٦٦
- تسجيل الصوت ص ١٨٨
- الضوء ص ١٩٠
- التصوير الفوتوغرافي ص ٢٠٦

الأرض

الأرض ثالث الكواكب المعروفة في المجموعة الشمسية من حيث البعد عن الشمس، وخامسها من حيث الحجم، والوحيد من حيث تواجد الحياة. تبدو الأرض للناظر من عل ككتلة من اليابسة والبحر والهواء؛ كلها عرضة للتغير تبعاً للتحركات داخل الأرض والطاقة المُبتعثة من الشمس. الدراسات الأرضية (الجيولوجية) مستمرة والعلماء يحققون باستمرار اكتشافات جديدة. وقد تفرّع علم الأرض (الجيولوجية) في القرن العشرين من وصف ودراسة الصخور إلى دراسة مختلف العلوم المتعلقة بتركيبها ومظاهرها وتاريخها وتطورها فيما يُسمى «علوم الأرض». وينضوي في هذه العلوم بعض من التقانات الحديثة والكيمياء والفيزياء والبيولوجية والعلوم التطبيقية المختلفة؛ وهي بمجموعها تسهم في زيادة معرفتنا عن الكوكب الذي نعيش فيه.

يتنبغي دراسة بنية الصخور للتأكد من احتماليّتها قبل إرساء أساس المباني عليها، وقبل حفر الأنفاق عبر الجبال التي تُكوّنها. وتعالج الجيولوجية البيئية طبيعة تحركات الصخور وتغيّر أشكالها. يعتمد موقع المزرعة أو المدينة على جغرافية المنطقة وطبيعة الأرض فيها. ويُعالج علم شكل الأرض (الجيومورفولوجية) دراسة شكل الأرض وتضاريسها الطبيعية الناتجة عن نوعية الصخور وبنيتها.

يتنبغي دراسة بنية الصخور للتأكد من احتماليّتها قبل إرساء أساس المباني عليها، وقبل حفر الأنفاق عبر الجبال التي تُكوّنها. وتعالج الجيولوجية البيئية طبيعة تحركات الصخور وتغيّر أشكالها.

يعتمد موقع المزرعة أو المدينة على جغرافية المنطقة وطبيعة الأرض فيها. ويُعالج علم شكل الأرض (الجيومورفولوجية) دراسة شكل الأرض وتضاريسها الطبيعية الناتجة عن نوعية الصخور وبنيتها.

بالدراسة المُعمّقة للمعادن، تتكشف لنا كيمياء الأرض والمواد المختلفة التي تُنتجها العمليات الجيولوجية. وهذه الدراسات تعرف بالعدانة أو علم المعادن.

تُكوّن المعادن المختلفة الأنواع صخوراً مُتباينة. وتُستخدم صخور مُختلفة في تشييد المباني ورصف الطرق، أو كمواد أولية في صناعة الكيماويات. وعلم الصخور هو واحد من علوم الأرض.

تُشاد ناطحات السحاب من الحجارة الصخرية مُدعّمة بهياكل من الفولاذ المُستخرج من خامات الحديد؛ ويُصنّع زجاج نوافذها من الرمل؛ وتُستخدم النفط لتشغيل مكينات البنزين. الجيولوجية الاقتصادية تُستخدم المبادئ الجيولوجية لاكتشاف المواد ذات الجدوى العملية.

علم الأرض

علم الأرض يشمل دراسة الذرات والجزيئات في الكيمياء الجيولوجية كما دراسة المجرات في علم الكونيات. لقد تجمّع لدينا في هذه المجالات كم هائل من المعلومات عن الأرض، أسهم فيه الجغرافيون والجيولوجيون وعلماء المحيطات والمناخيون والفلكيون وغيرهم. ويقوم العلماء المُختصون تدريجياً بدراسة هذه الحقائق الجديدة وإيجاد العلائق السببية بينها لتكون صورة واضحة عن بنية الأرض وتطورها عبر العصور.

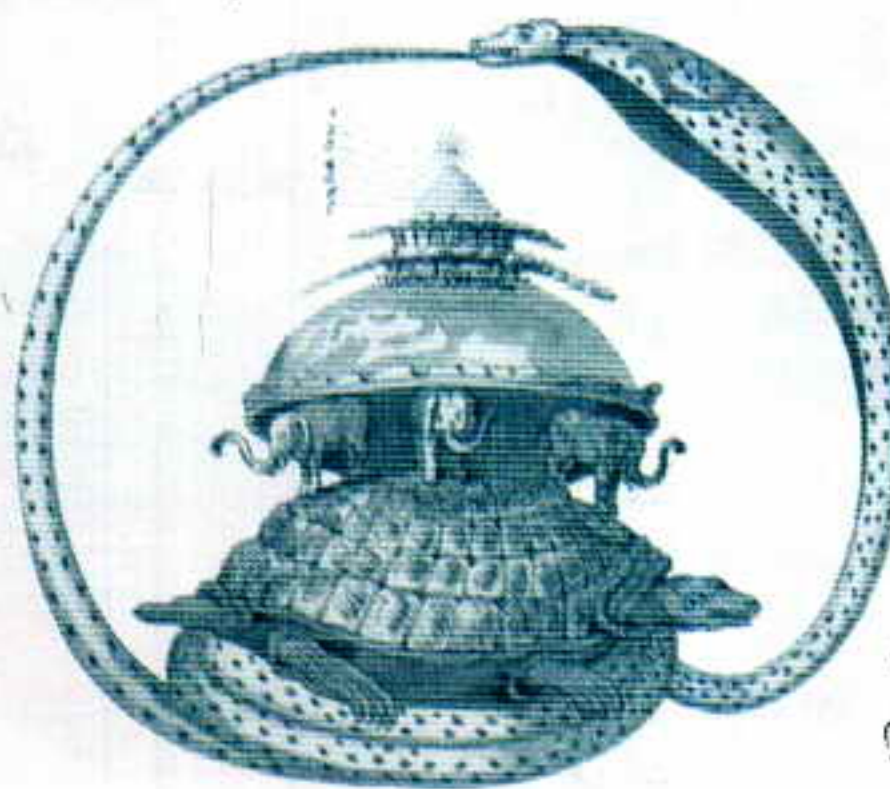


يُمكننا المقارنة بين جيولوجية كوكبنا وبين جيولوجية جاراته الأقرب، والمقابلة بين المراحل التاريخية التي مرّت بها. ومجال هذه الدراسة هو علم الكواكب.

أفكار قديمة حول الأرض

كان بعض الهندوس، منذ حوالي ١٥٠٠ سنة، يعتقدون أنّ الأرض محمولة فوق أربعة قِيلة واقفة على ظهر لجاة عملاقة. إنَّ خرافات كهذه، عن كيفية نشأة الأرض، هي جزء من التقاليد والأفكار العلمية القديمة في كل الحضارات. ومع تقدّم العلم والتقانات، تقدّمت مفاهيمنا عن الأرض وكيفية نشأتها. والأبحاث والتحليل الجارية والمستمرة تُقربنا أكثر فأكثر نحو تفهّم طبيعة كوكبنا وكل ما يحتويه.

خارطة العالم هذه مؤرّخة ١٥٩٨، في أنتويرب (بلجيكا).



الخرائط القديمة

في القرنين الخامس عشر والسادس عشر نشطت الاكتشافات. فأُلغى البحار من أوروبا في اتجاهات مُعدّدة لاكتشاف بلاد جديدة، أو لتوسيع إمبراطورياتهم التجارية، أو للإبحار حول الكرة الأرضية. وكان ما شاهدوه في رحلاتهم، وما جمّعوه من نماذج وعيّنات، وما عاودوا به من أخبار وروايات أساساً لمختلف المفاهيم القديمة عن الأرض.



تكوُّن الأرض

منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة، لم تكن الأرض سوى سحابة من الغاز والغبار تدوم في الفضاء؛ كجزء صغير من سحابة هائلة أكبر منها بكثير. ثم تكتلت معظم مواد تلك السحابة الضخمة وتمركزت في الوسط لتكوّن الشمس. وبدأت حلقات من المواد، عبر باقي السحابة، تتجمع معاً لتكوّن الكواكب؛ وكان كوكب الأرض أحدها. والأرض، ككل الكواكب، ذات بنية طبقية - موادها الأخف في الطبقات الخارجية والمواد الأثقل في اللب. وتستبان حركة تدويم السحابة الأصلية بكليتها من نمط تحرك الأرض حالياً.

النظرية المتجانسة هي أولى النظريتين حول كيفية تكوّن الأرض.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة مدمومة من الغاز والغبار.

بفعل الجاذبية، تجمعت جسيمات من جميع الأحجام بعضها مع بعض في كرات آت في النهاية إلى كواكب.

جسيمات الحديد والنيكل الثقيلة غاصت نحو المركز؛ وظلت الجسيمات الأخف في الطبقات الخارجية.

النظرية الثانية حول تكوّن الأرض هي النظرية المتغايرة.

النظام الشمسي بدأ كاسطوانة مدمومة من الغاز والغبار.

تجاذبت جسيمات الحديد والنيكل الأثقل بعضها مع بعض بفعل الجاذبية لتكوّن اللب الثقيل في الكواكب. ونتيجة لكتل الكواكب الضخمة أضحت لها قوة جاذبية قوية.

الجسيمات الأخف (كالكسليكات، مثلاً) انجذبت إلى خارج اللب الثقيل للكوكب؛ فيما تجمعت الغازات الخفيفة جداً لتكوّن جو الكوكب.

القشرة القارية

تتكوّن جبال جديدة بتغطّص القارة تحت ضغط القشرة المحيطية.

يتكوّن الدرع القاري المسطح، المسمى سيف القارة، بتجمع غطاء من الرسابات التي لم تغطّها اضطرابات.

سلسلة جبال تتكوّن من تصادم قارّتين.

الجبال القديمة، كجبال الروكي في كندا، تتكوّن أصلاً عند حافة القارة.

القشرة المحيطية المنصهرة الصاعدة عبر القارة تُحدث البراكين.

القشرة القارية

طبقة الأرض الخارجية، التي تُشكّل الكتلة اليابسة، تُسمى القشرة القارية. وتتكوّن في معظمها من صخور قديمة إضافة إلى مواد جديدة تكتلت كسلاسل جبلية حول الحواف. ويُستبان التاريخ المعقد لكل قارة من بنيتها المعوجة المتكسرة. تتألف القشرة القارية بصورة رئيسية من السليكا والألومنيوم (السيال).

تتجمّد الصهارة الصخرية مكونة طبقة صخرية كثيفة.

القشرة المحيطية الأقدم والأعمق هي الأبعد عن الحيد المحيطية.

القشرة المحيطية

حيد محيطي

البراكين عند الحيد المحيطية تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى.

التكثرات في حافة هذه القشرة تبيّن مواقع انفصالها عن قارة أخرى.

النطق المسطحة من القشرة القارية تتكوّن من صخور قديمة معوجة ومشوّهة أصبحت ملساء بفعل الخت.

القشرة المحيطية

طبقة الأرض الخارجية في قاع المحيطات تُسمى القشرة المحيطية، وهي دائمة التكوّن بفعل البراكين التي تدفع الصهارة الصخرية إلى أعلى عند الحيد المحيطية. وتدمر القشرة العتيقة مُتناهية سقلاً في الأخاديد المحيطية. تتألف القشرة المحيطية بصورة رئيسية من السليكا والمغنسيوم (السيما).

في النصف الشمالي من الكرة الأرضية يكون الفصل صيفاً حين يواجه القطب الشمالي الشمس مباشرة، فيكون فيه نهاراً دائماً، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل شتاءً والظلام دائماً.

في ربيع النصف الشمالي من الكرة الأرضية يتلقى القطبان الشمالي والجنوبي الكمية نفسها من ضوء الشمس، فيتساوى الليل والنهار فيهما.

الفصول

دوران الأرض مائلة حول الشمس له تأثير بالغ في حياتنا، لأنه السبب في اختلاف الفصول. فحينما يكون اتجاه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، وحينما آخر يكون في اتجاهها - وهذا يحدث التغيرات المناخية الفصليّة. المناطق المناخية لخط الاستواء قليلة التأثير بميل محور الأرض، لذا فمناخها أكثر استقراراً.

تدويم مائل
تدويم الأرض حول محور وهمي يمتد بين قطبيها الشمالي والجنوبي، مائلاً عن العمودي على مستوى فلك البروج بمقدار $23\frac{1}{2}^\circ$ درجة - فالأرض تدور حول الشمس مائلة بهذا المقدار.

يكون الفصل شتاءً في النصف الشمالي من الكرة الأرضية حين يتجه القطب الشمالي بعيداً عن الشمس، فيكون فيه ليل دائماً، ويتعكس الحال في القطب الجنوبي حيث الفصل صيفاً والنهار دائماً.

خريف النصف الشمالي من الكرة الأرضية يقابله ربيع في نصفها الجنوبي، ويتساوى طول النهار فيهما.

الأرض تدويم وتدور

قد يترأى لك أن الأرض ساكنة، لكنها في الواقع تدويم باستمرار حول محورها (المتعامد مع خط الاستواء) مرة في اليوم. وهي في الوقت نفسه تدور حول الشمس متممة الدورة الكاملة في سنة. تدويم الأرض حول محورها يسبب تعاقب الليل والنهار - فعندما يواجه جزء الأرض، الذي أنت فيه، الشمس يكون نهاراً، وحين يديرها يكون ليل. كذلك فإن دوران الأرض حول الشمس (مائلة المحور على فلك البروج) يسبب تعاقب الفصول.

تدويم الأرض حول محورها المار عبر القطبين الجغرافيين - الشمالي والجنوبي.

تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس في ٣٦٥ يوماً.

محور الأرض متعامد مع خط الاستواء - كما الحال في كل الكواكب.

السنوات الأطول!

إن تدويم الأرض حول محورها يتباطأ قليلاً جداً جداً تدريجياً؛ وذلك بسبب احتكاك المد والجزر في جرمها الماء جيئة وذهاباً حول سطحها. وباحتساب عدد أيام السنة من خطوط نمو المرجان، يُقدّر العلماء أنه قبل ٤٠٠ مليون سنة كان عدد أيام السنة ٤٠٠ يوم. وسبب ذلك أن تدويم الأرض كان أسرع حينئذ مما يجعل الأيام أقصر.

البطن المتنفخ

الأرض ليست كروية الشكل تماماً، بل هي متفخمة قليلاً في الوسط. فبفضل التدويم تتحرك المناطق عند خط الاستواء بسرعة أكبر من مناطق القطبين. وكلما ازدادت سرعة الدوران، تزداد القوة النابذة التي تدفع بالمواد بعيداً عن مركز الدوران. (وهذا ما يحدث عندما تدويم فتاة حول نفسها فتشعر جدرانها شغرها نحو الخارج). أي إن الأرض تدفع نحو الخارج أكثر حول وسطها.

يُتوقع أن يقل انتفاخ الأرض حول وسطها عندما يتباطأ تدويمها بعد بضعة آلاف مليون سنة.

زاوية ميلان الأرض تساوي $23\frac{1}{2}^\circ$.

قطر الأرض الأفقي عبر خط الاستواء يُقَرَّب في مركز الأرض. وهذا القطر أطول من القطر العمودي بين القطبين بحوالي ٤٣ كم؛ وهي كمية قليلة نسبياً إذا علمنا أن طول قطر الأرض الاستوائي يقارب ١٢٠٠٠ كم.

لمزيد من المعلومات انظر

- المعتمدية ص ١٥٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- أصل الكون ص ٢٧٥
- الأرض ص ٢٨٧

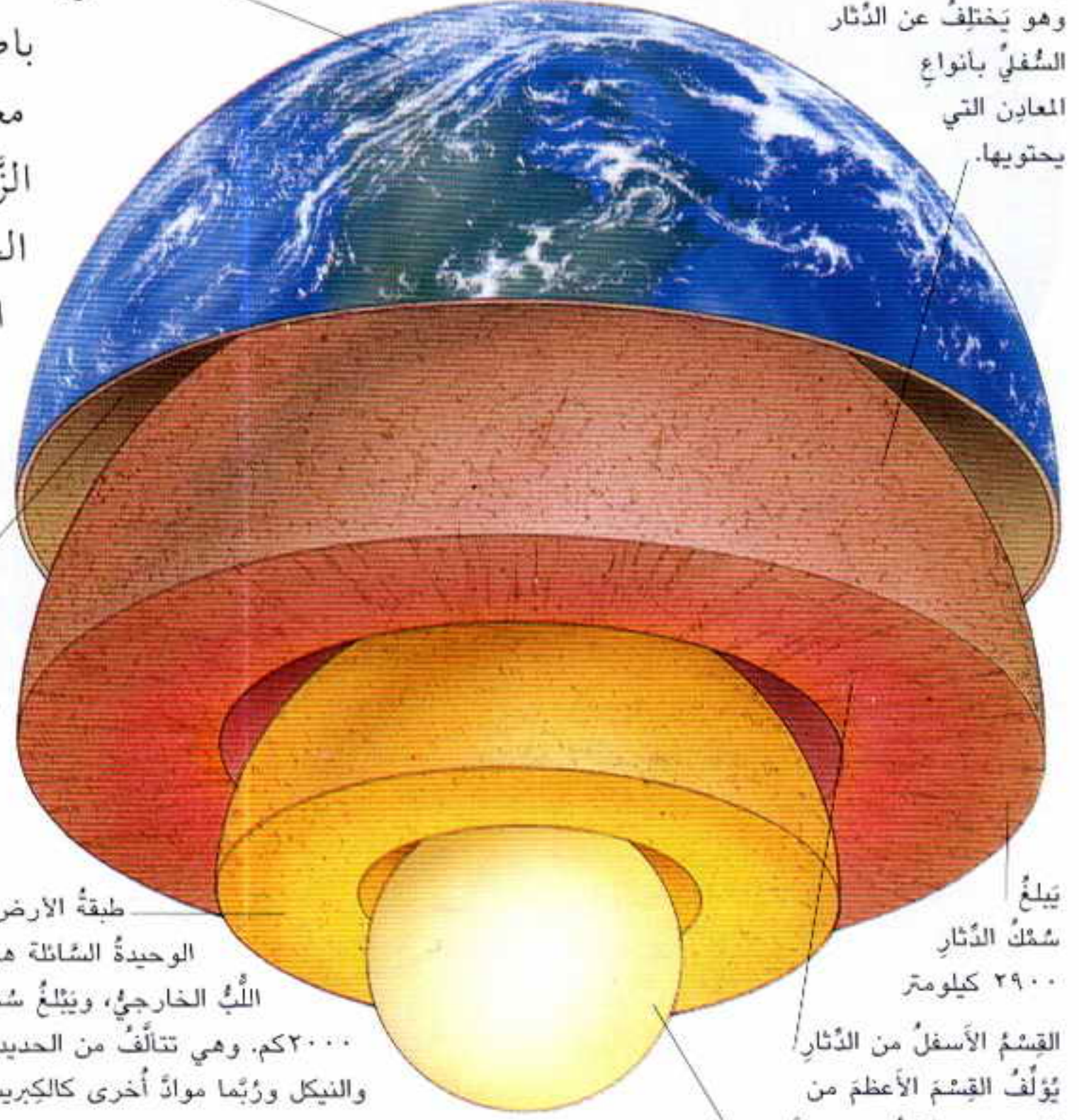
بنية الأرض

كما قشرة التفاحة تؤلف غلافًا رقيقًا خارجيًا، هكذا القشرة من سطح الأرض بالمقارنة مع الطبقات تحتها. إنَّ حَجْمَ الأرض الهائل يجعل طريقة الحفر عديمة الجدوى في الكشف عن حقيقة ما يتواجد في باطنها. لذا يلجأ العلماء إلى وسائل أخرى لتحقيق ذلك. فمعظم معلوماتنا عن باطن الأرض مُستمدَّة من دراسة سلوك موجات الزلازل في مرورها عبر الأرض. وهكذا أَسْتَطَاعَ علماء الجيولوجية على مدى السنين، تكوين صورة لأرض متعددة الطبقات ذات مركز معدني جامد مُحاط بمواد أخف وزناً. وبتزايد معلوماتنا عن بنية الأرض، يزداد إدراكنا للطريقة التي تعمل بها.

طبقة الأرض الخارجية تتألف من القشرة وقسم من الدثار العلوي - وهما يُشكِّلان مع الغلاف الصخري.

طبقات الأرض

الدثار العلوي جامد يحوي طبقة رخوة تسمى الغلاف الصخري؛ وهو يختلف عن الدثار السفلي بأنواع المعادن التي يحتويها.



يبلغ

سمك الدثار ٢٩٠٠ كيلومتر

القسم الأسفل من الدثار يؤلف القسم الأعظم من الأرض. ويتكوَّن من مواد صخرية من المعادن السليكاتية.

يبلغ سمك اللب الداخلي الجامد ١٣٧٠ كم؛ ويتألف من الحديد والنيكل. وهو يبقى جامدًا بالرغم من حرارته الشديدة، بفعل الضغط الهائل عليه.

طبقة فوق طبقة

تتألف الأرض من ثلاث طبقات رئيسية هي القشرة والدثار واللب. فالقشرة، أو الطبقة الخارجية، رقيقة صلبة تتألف في معظمها من الصخور. والحرارة من باطن الأرض تسبب انصهار بعض الصخور في الدثار - في حين يبقى الصخر جامدًا في طبقاته السفلى بفعل الضغط الداخلي الأعظم. أما مركز الأرض، أو اللب، فيتألف من طبقة خارجية سائلة تلت طبقة داخلية معدنية جامدة.



إنَّ مقارنة عمق أعمق بئر في العالم بالسُمك النسبي لطبقات الأرض، يُعطي فكرة عن سمك كل طبقة.

البئر الأعمق

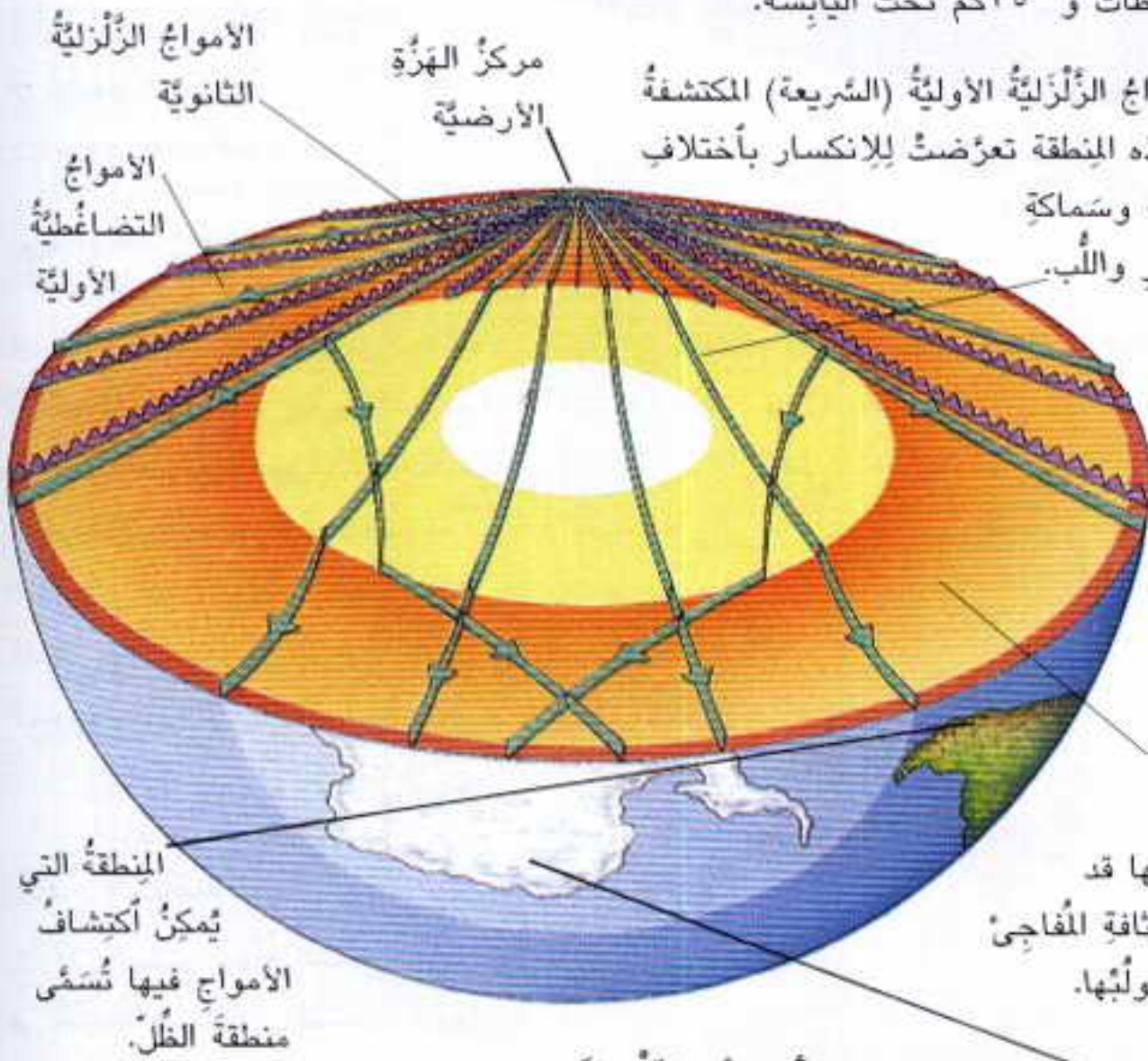
في عام ١٩٩٠، حُفرت أعمق بئر في شبه جزيرة كولا فيما كان يُدعى الاتحاد السوفييتي، وقد بلغ عمقها ١٢ كم وكان مقرَّرًا لها أن تبلغ ١٥ كم. لكنَّ للوصول إلى مركز الأرض، هنالك بُعد ٦٣٥٥ كم!



الاهتزازات الزلزالية

يبلغ سمك القشرة الأرضية ٦ كم تحت المحيطات و ٣٥ كم تحت اليابسة.

الأمواج الزلزالية الأولية (السريعة) المكتشفة في هذه المنطقة تعرّضت للانكسار باختلاف كثافة وسمك الدثار واللب.



طبقة الأرض الوحيدة السائلة هي اللب الخارجي، ويبلغ سمكها ٢٠٠٠ كم. وهي تتألف من الحديد والنيكل وربما مواد أخرى كالإيريت.

لا الأمواج الأولية ولا الثانوية يمكن اكتشافها هنا، لأنها قد أنكسرت بتغير الكثافة المفاجئ بين دثار الأرض ولبها.

الأمواج الزلزالية

الأمواج الزلزالية هي الاهتزازات التي تسببها الهزات الأرضية؛ فتسري عبر باطن الأرض، ويمكن تسجيلها بالأجهزة الحساسة. هنالك نوعان من هذه الأمواج: الأمواج الأولية السريعة الحركة والأمواج الثانوية البطيئة. إنَّ فارق الوصول بين نوعي الأمواج هذين، يوفر لعلماء الجيولوجية معلومات قيمة حول مركز الزلزلة. كذلك فإنَّ انكسار هذه الأمواج عبر المواد المختلفة يكشف نوعية التغيرات في باطن الأرض.

الأمواج الثانوية لا تستطيع عبور اللب السائل، فتُحجَرُ في هذه المنطقة؛ بينما تعبر الأمواج الأولية.

الموهو

يُعرف الحد الفاصل بين قشرة الأرض والدثار بالانقطاع الموهوري أو الموهو - نسبة إلى الجيولوجي اليوغوسلافي أندريا موهوريشيك (١٨٥٧-١٩٣٦) الذي اكتشفه عام ١٩١٠. درس موهو في براغ (تشيكوسلوفاكيا) ودرس في زغرب بيوغوسلافيا. وقد لاحظ أنَّ أمواج الزلازل تتغير عند مرورها عبر الطبقتين.



مجال الأرض المغنطيسي

تعمل الأرض كـمغنطيس ضخم. والمغنطيس كما نعلم (أنظر ص ١٥٤-١٥٥) يجذب مواد معينة (كالحديد) إذا تواجدت في نطاق حوله يُعرف بالمجال المغنطيسي. ولكل مغنطيس قطبان تميل المواد المغنطيسية إلى التجمع حولهما. قطبا الأرض المغنطيسيان يقعان قرب القطبين الجغرافيين الشمالي والجنوبي؛ ويُعرف مجالهما حول الأرض بالغلاف المغنطيسي - وهو غلاف مشحون يمتد بعيداً في الفضاء ويقي الحياة على كوكبنا من إشعاعات الشمس المؤذية. ويتخذ الغلاف المغنطيسي للأرض شكل قطرة دُمع بفعل التيار المستمر من الجسيمات المشحونة الصادرة من الشمس، والمعروف بالرياح الشمسية.

تأثيرات الرياح الشمسية على مجال الأرض المغنطيسي

جسيمات مشحونة (مُتأينة) من الشمس
تُجذب بعض هذه الجسيمات داخلياً نحو القطبين.

تُعرف حدود المجال بمنطقة الركود المغنطيسي.

المنطقة حيث يُضعف المجال المغنطيسي بالرياح الشمسية تُسمى الشوكة (الكُذسة) القوسية.

يُختبئ بعض الجسيمات من الشمس قرب القطبين الجغرافيين، فيتولد حولهما وهج يُعرف بالأضواء القطبية الشمالية أو الجنوبية.

مغنطيسية الأرض

خطوط القوة المغنطيسية

تُجذب خطوط القوة المغنطيسية نحو قطبي الأرض المغنطيسيين وبعيداً عنهما.
اللُب الداخلي الجامد يدور بسرعة مختلفة عن بقية الأرض.

الحرارة والضغط في باطن الأرض يُقيمان اللُب الخارجي السائل في حركة دائمة.

مصدر المغنطيسية

يُعتقد العلماء أن مصدر مغنطيسية الأرض هو الطريقة التي يتحرك بها قسما اللُب الداخلي والخارجي. فاللُب الداخلي الجامد يدور بسرعة مختلفة عن بقية الأرض، فيتولد المجال المغنطيسي بالقوى نفسها التي تعمل على إدارة محرك كهربائي. ويُعتقد أن تيارات الحمل الحراري في اللُب السائل تؤثر أيضاً في مغنطيسيته.

الذيل المغنطيسي هو منطقة أنجذاب المجال المغنطيسي بعيداً بالرياح الشمسية.

الفضاء ضمن المجال المغنطيسي يُسمى الغلاف المغنطيسي.

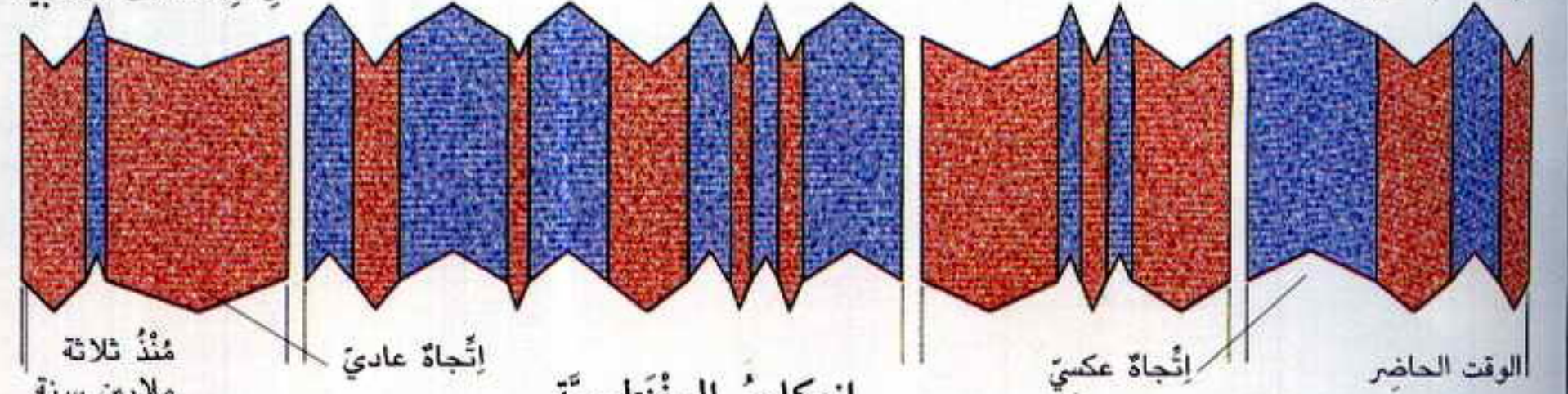
وليم جيلبرت

كان طبيب الملكة إليزابيث الأولى، وليم جيلبرت (١٥٤٤-١٦٠٣)، أول من أقام الدليل على أن الأرض تعمل كمغنطيس ضخم.

وأستخدم جيلبرت في ذلك إبر البوصلات المغنطيسية الأفقية والعمودية المخور، التي تتحرك جانبياً وعمودياً لتحديد المغنطيسية في نقطة ما على سطح الأرض، وقطبي الأرض المغنطيسيين أو الجغرافيين.

مخوّر الدوران يتمثل بخط عمودي يمر عبر المركز.

الانعكاسات القطبية



انعكاس المغنطيسية

يتغير المجال المغنطيسي الأرضي على الدوام. وأحياناً كانت التغيرات جذرية مثيرة بحيث انعكس المجال المغنطيسي على نفسه بالكامل، فتبادل القطبان الشمالي والجنوبي المغنطيسيان موقعيهما؛ ويُعرف هذا بالانعكاس القطبي. ونحن لا نعرف تعليلاً واضحاً لذلك، لكننا نعلم أن هذا الانعكاس حدث حوالي عشر مرات في الثلاثة ملايين سنة الماضية.

الخُذُروف المدوّم

يتماثل الخُذُروف المدوّم جانبياً حول محوره. وبطريقة مماثلة يتغير موقع القطب الشمالي والمغنطيسي الأرضي باستمرار. ويميل القطب المغنطيسي للأرض عن الجغرافي بحوالي ١١ درجة، وتعرف هذه بزاوية الميل.



يُدوّم الخُذُروف حول محوره مُغيّراً موقعه باستمرار.

لمزيد من المعلومات انظر

- المغنطيسية ص ١٥٤
- تكوّن الأرض ص ٢١٠
- القارات المتحركة ص ٢١٤
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الصخور سجلات جيولوجية ص ٢٢٦

المعبد القديم لزمسيس الثاني

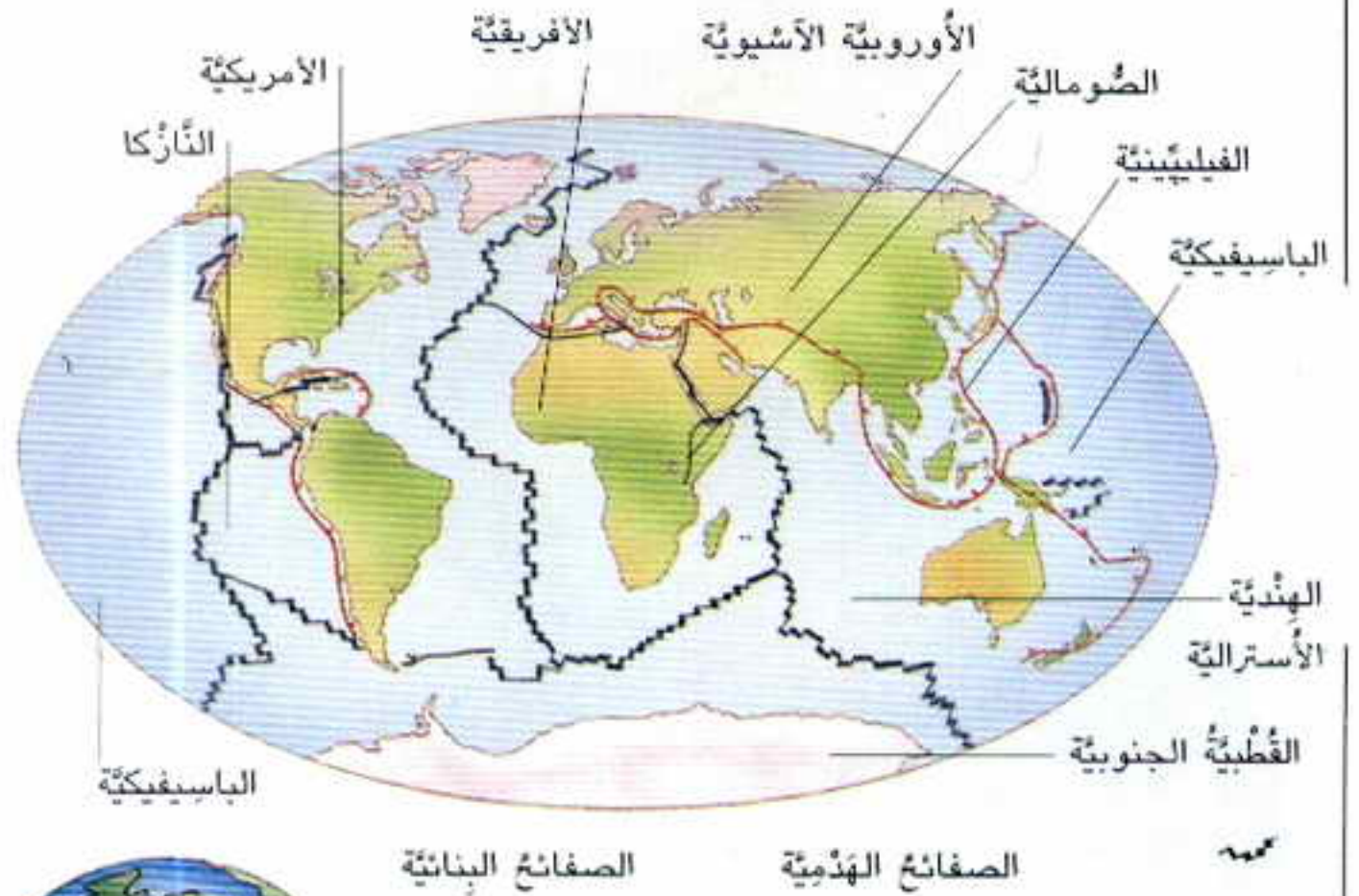


الطوب المغنطيسي

عندما يتجمد الصخر، يُسجل ويُحفظ اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي في ذلك الزمن، بواسطة المعادن المغنطيسية المتواجدة فيه. وهذا يعني أن المجال المغنطيسي يمكن تقصّيه في الطوب المسوي منذ ٣٠٠٠ سنة كطوب هذا المعبد القديم لزمسيس الثاني.

القارّات المتحرّكة

خارطة الكتل الصفائحية للعالم



ظَلَّ النَّاسُ آلاَفَ السَّنِينَ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ الْقَارَّاتِ ثَابِتَةٌ فِي مَوَاقِعِهَا دَوَماً؛ ثُمَّ تَكشَّفَ عَكْسُ ذَلِكَ تَمَاماً فِي السَّتِينِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ. فَالْوَاقِعُ أَنَّ الْقَارَّاتِ تَنْجَرِفُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ سَطْحِ الْأَرْضِ، كَمَا جُذوعُ الشَّجَرِ الضَّخْمَةِ الطَّافِيَةِ فَوْقَ بَحْرِ لَزَجٍ؛ وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ. كَذَلِكَ فَإِنَّ قِيَعَانَ الْبِحَارِ يُعَادُ تَدْوِيرُهَا كُلَّ ٢٠٠ مِيلْيُونِ سَنَةٍ، فَبِغَضِّ الْمَوَاقِعِ الْمُسَمَّاةِ حَيُوداً فِي قَاعِ الْمُحِيطِ تَرْتَفِعُ الصَّهَارَةُ (الصَّخْرُ الْمُنْصَهَرُ) مِنْ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ الْبَاطِنِيَّةِ فَتَجْمُدُ وَتَتَحَرَّكُ نَحْوَ الْخَارِجِ قَبْلَ أَنْ تُبْتَلَعَ فِي مَوَاقِعَ تُسَمَّى أَخَادِيدَ الْمُحِيطِ. وَحَدِيثاً دُمِجَتْ فِكْرَةُ أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبِحَارِ هَذِهِ مَعَ فِكْرَةِ الْإِنْجِرَافِ الْقَارِّيِّ فِي نَظَرِيَّةٍ وَاحِدَةٍ هِيَ نَظَرِيَّةُ تَكُونِيَّاتِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ.

مُنْذُ ٢٠٠ مِيلْيُونِ سَنَةٍ

مُنْذُ ٥٠ مِيلْيُونِ سَنَةٍ

الزَّمَنُ الْحَاضِرُ



يُطْلَقُ الْجِيُولُوجِيُونَ عَلَى كُتْلَةِ الْيَاسِ الضَّخْمَةِ الَّتِي تَوَاجَدَتْ مِنْذُ مِلْيَارَيْنِ السَّنِينَ الْأَسْمَ بِأَنْجِيَا، أَيْ أُمِّ الْقَارَّاتِ.

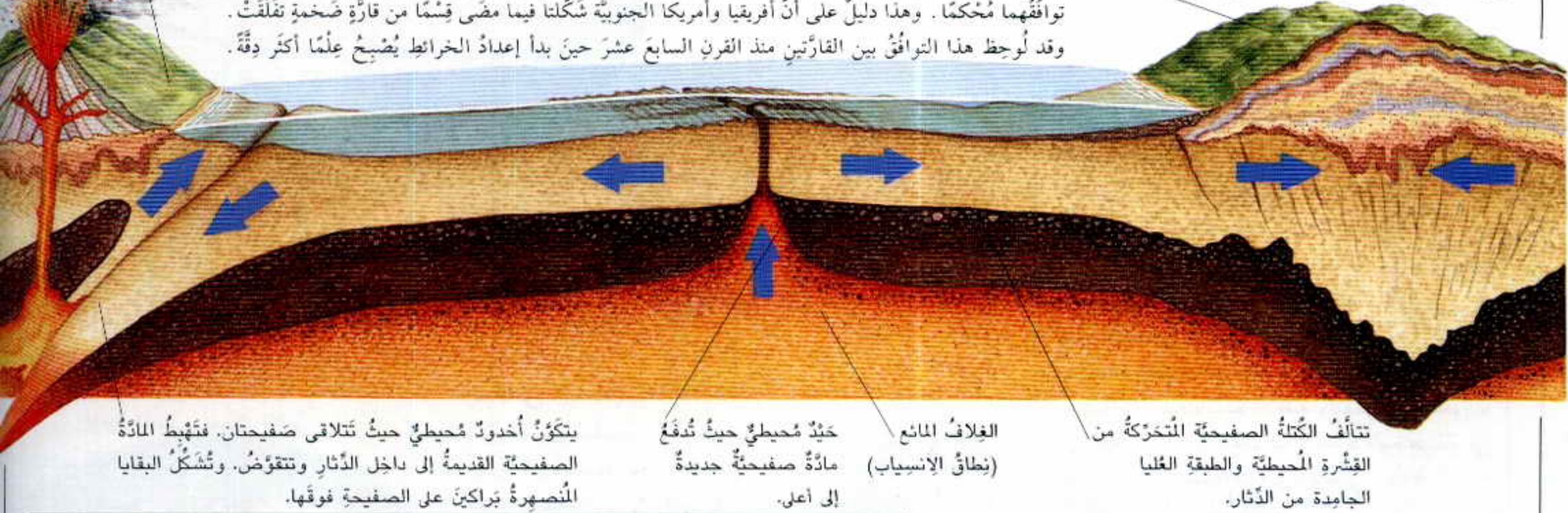
القارّات المتشابهة

لَعَلَّ الدَّلَالََةَ الْأَكْثَرَ وَضُوحاً عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ هِيَ أَشْكَالُهَا. فَالسَّاحِلُ الْغَرْبِيُّ لِأَفْرِيقِيَا وَالسَّاحِلُ الشَّرْقِيُّ لِأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ يَبْدُوَانِ كَقِطْعَتَيْنِ مُوَالِفَتَيْنِ مِنْ أَحْجِيَّةٍ صُورٍ مُقَطَّعَةٍ - بِحَيْثُ لَوْ قُرْباً لَكَانَ تَوَافُقُهُمَا مُحْكَمًا. وَهَذَا دَلِيلٌ عَلَى أَنَّ أَفْرِيقِيَا وَأَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةِ شَكَلْنَا فِيهَا مَضَى قِسْماً مِنْ قَارَّةٍ ضَخْمَةٍ تَفَلَّقَتْ. وَقَدْ لَوِجَظَ هَذَا التَّوَافُقُ بَيْنَ الْقَارَّاتَيْنِ مِنْذُ الْقَرْنِ السَّابِعِ عَشَرَ حِينَ بَدَأَ إِعْدَادُ الْخَرَائِطِ يُضَيِّحُ عِلْماً أَكْثَرَ دَقَّةً.

الكتل الصفائحية الأرضية

يُقَسَّمُ سَطْحُ الْأَرْضِ إِلَى عَدِيدٍ مِنَ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ، الشَّيْبَةِ بِالشَّقْفِ الْبَرَّانِيَّةِ لِكُرَّةِ الْقَدَمِ. كُلُّ صَفِيحَةٍ تَنَامِي فِي أَحَدِ أَطْرَافِهَا مُتَحَرِّكَةً قُدْماً ثُمَّ تُهْدَمُ فِي طَرَفٍ آخَرَ. وَيُدْعَى طَرَفُ الصَّفِيحَةِ الْمُتَنَامِي الْحَافَّةَ الصَّفِيحِيَّةَ الْبَنَائِيَّةَ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْحَوَافُّ عَلَى طُولِ الْحَيُودِ الْمُحِيطِيَّةِ. وَيُدْعَى طَرَفُ الصَّفِيحَةِ حَيْثُ يَجْرِي الْهَدْمُ الْحَافَّةَ الصَّفِيحِيَّةَ الْهَدْمِيَّةَ، وَتَقَعُ هَذِهِ الْحَوَافُّ عَلَى طُولِ الْأَخَادِيدِ الْمُحِيطِيَّةِ. وَالْقَارَّاتُ مُرْسَخَةٌ فِي هَذِهِ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ وَتَتَحَرَّكُ بِتَحَرُّكاتها.

إِذَا تَصَادَمَتِ قَارَّتَانِ وَلَمْ تُخَفَّفْ إِحْدَاهُمَا (سَفْلاً) فَإِنَّهُمَا تَتَغَضَّنَانِ فَقَطْ لِتُشْكَلا سَلْسِلَ جَبَلِيَّةٍ.



يَتَكَوَّنُ أَخْدُودٌ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ. فَتُجْبِطُ الْمَادَّةُ الصَّفِيحِيَّةُ الْقَدِيمَةُ إِلَى دَاخِلِ الدَّثَارِ وَتَتَقَوَّضُ. وَتُشْكَلُ الْبَقَايَا الْمُنْصَهَرَةُ بَرَاكِينٍ عَلَى الصَّفِيحَةِ فَوْقَهَا.

حَيْثُ مُحِيطِيٌّ حَيْثُ تُدْفَعُ مَادَّةٌ صَفِيحِيَّةٌ جَدِيدَةٌ إِلَى أَعْلَى.

الْغِلَافُ الْمَانِعُ (نَظَاقُ الْإِنْسِيَابِ)

تَتَأَلَّفُ الْكُتْلَةُ الصَّفِيحِيَّةُ الْمُتَحَرِّكَةُ مِنَ الْقَشْرَةِ الْمُحِيطِيَّةِ وَالطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ مِنَ الدَّثَارِ.

فردريك فاين ودرايموند ماثيوز

لَيْسَ مِنَ الْعَسِيرِ إِيجَادُ شَوَاهِدٍ عَلَى تَحَرُّكِ الْقَارَّاتِ، لَكِنْ الْعَسِيرُ هُوَ إِيجَادُ عِلَامَاتٍ دَلَالِيَّةٍ عَلَى أَمْتِدَادِ قِيَعَانَ الْبِحَارِ. وَكَانَ الْجِيُوفِيزِيَاثِيَّانِ الْبَرِيطَانِيَّانِ، فَرْدُ فَاين وَدْرَامُونْدُ مَاثِيُوزَ، أَوَّلَ مَنْ أَدْرَكَ أَهْمِيَّةَ أَحَدِ هَذِهِ الْأَدِلَّةِ، عَامَ ١٩٦٣. فَبَيَّنَا أَنَّ نَمَطَ الْحُزْرِ الْمِغْنَطِيسِيَّةِ فِي صُخُورِ قِيَعَانَ الْبِحَارِ هُوَ بُرْهَانٌ مُقْنِعٌ عَلَى أَمْتِدَادِ هَذِهِ الْقِيَعَانَ.



د. ماثيوز

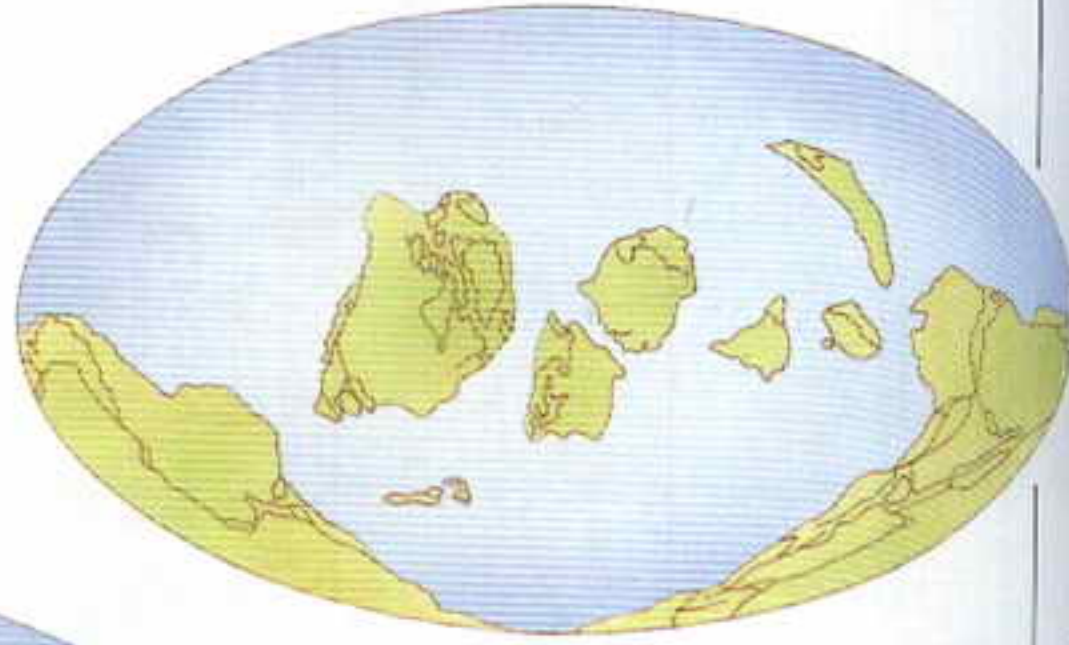


ف. فاين

الغلاف الصخري

تَتَأَلَّفُ الصَّفَائِحُ الْأَرْضِيَّةُ مِنَ الْقَشْرَةِ وَمِنَ الطَّبَقَةِ الْعُلْيَا الْجَامِدَةِ لِلدَّثَارِ. وَتُعْرَفُ هَذِهِ الطَّبَقَةُ بِالْغِلَافِ الصَّخْرِيِّ. تَحْتَ هَذَا الْغِلَافِ تَوْجَدُ طَبَقَةٌ مِنَ الدَّثَارِ، تُدْعَى الْغِلَافُ الْمَانِعُ، وَهِيَ طَبَقَةٌ رَخْوَةٌ تَزَلُّ أَنْسِيَابَ الصَّفَائِحِ الْجَامِدَةِ فَوْقَهَا. فِي الْحَيُودِ الْمُحِيطِيَّةِ، تَتَخَلَّقُ الصُّخُورُ الْمُتَصَلِّبَةُ بِفِعْلِ الْبَرَاكِينِ، وَهَذَا يَدْفَعُ صَفِيحَتَيْنِ بَعِيداً عَنْ بَعْضِهِمَا. أَمَّا الْأَخَادِيدُ الْمُحِيطِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ حَيْثُ تَتَلَاقَى صَفِيحَتَانِ وَتُخَفَّفُ (أَوْ تُطْرَحُ) إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى وَتُتَدَمَّرُ.

تحرك القارات



ما قبل أم القارات

قبل أم القارات، كانت كتل اليابسة قارات منفصلة متباعدة عبر الكرة الأرضية. لكنها كانت مختلفة جدًا عن القارات اليوم. ثم أخذت تلك القارات تتقارب بعضها نحو بعض ببطء شديد.



شاهد أخفوري

أحفار حيوان الميزوسورس التي عُثِر عليها في البرازيل مطابقة تمامًا لأحفاره التي وُجدت في إفريقيا الجنوبية. إن مثل هذا الحيوان يستحيل عليه قطع المحيط الأطلنطي، مما يبين أنه عاش في عصر كانت أمريكا وإفريقيا فيه متصلتين. فعندما تباعدت القارتان فصل المحيط الأطلنطي بين الأحافير. كما وُجدت أيضًا أحافير النبات نفسه، من العصر نفسه، في أمريكا الجنوبية وإفريقيا والهند وأستراليا ومنطقة القطب الجنوبي.

مستقبل القارات

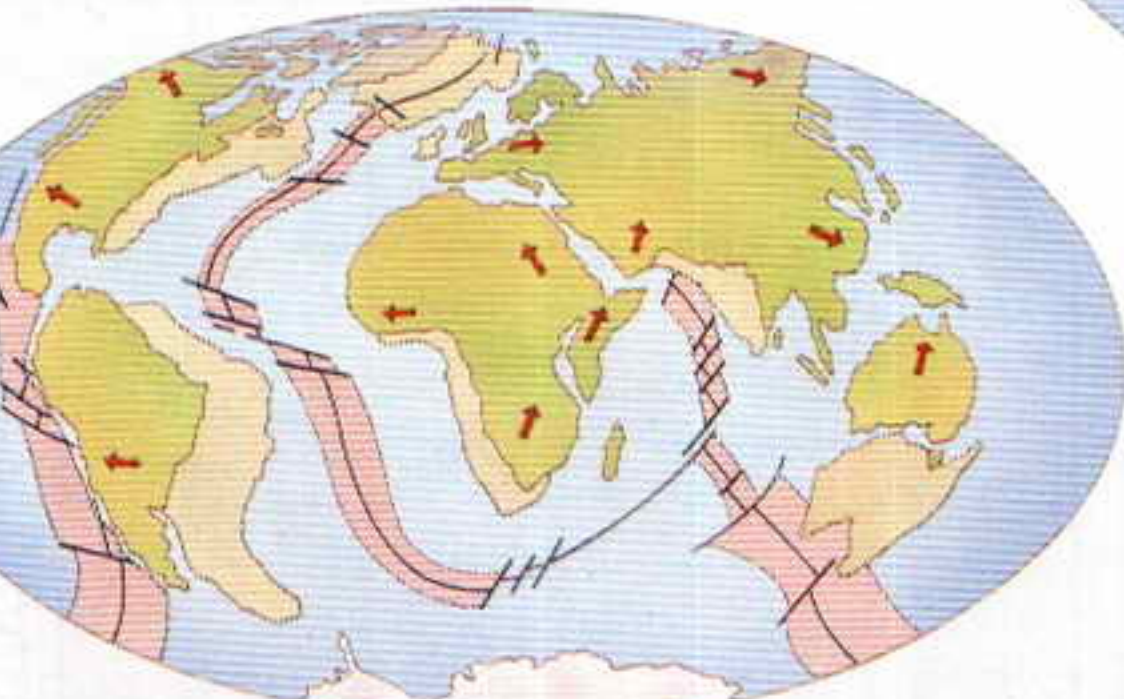
منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة، بدأت أم القارات بالتفتت وانفصلت قارات اليوم متباعدة بعضها عن بعض. ولا يزال هذا التباعد مستمرًا مُندبذ بمعدل بضعة سنتيمترات في السنة (تقريبًا بمعدل نمو أظفار أصابعك). فمواقع القارات اليوم هي مواقع مؤقتة؛ وقد تكون خارطة العالم في المستقبل غريبة غرابة خريطة العالم قديمًا.

أم القارات



وُجدت أحافير رُواحف المياه العذبة السباحة «ميزوسورس برازيلينسيس»، في جنوب إفريقية والبرازيل.

منذ حوالي ٣٠٠ مليون سنة، تضامنت جميع قارات ذلك العصر، فشكّلت قارة شاسعة واحدة، يُسميها الجيولوجيون أم القارات. ودامت هذه القارة العملاقة قرابة ١٠٠ مليون سنة. ثم بدأت تنفلق إلى شطرين - شمالي يُدعى لوراسيا، وجنوبي يُدعى جندوانا.



سبقتنا حركة القارات عما هي اليوم لنرسم الخارطة المتوقعة للأرض في المستقبل البعيد. في هذا «العالم الجديد» تقدّمت أستراليا كثيرًا نحو الشمال وانفصلت الأمريكيتان واجدتها عن الأخرى.

كولمبوس

عام ١٤٩٢، أبحر المكتشف الإيطالي المولد، كريستوفر كولمبوس، عبر الأطلنطي؛ واستغرقت رحلته ٧٠ يومًا. ولو أنه قام برحلته في وقتنا الحاضر لاستغرقت الرحلة ذاتها أكثر بقليل! إذ إن المسافة بين أمريكا الشمالية وأوروبا اليوم أبعد قليلًا عما كانت عليه في حينه - فالمحيط الأطلنطي أوسع الآن بعشرة أمتار عما كان عليه منذ ٥٠٠ سنة!

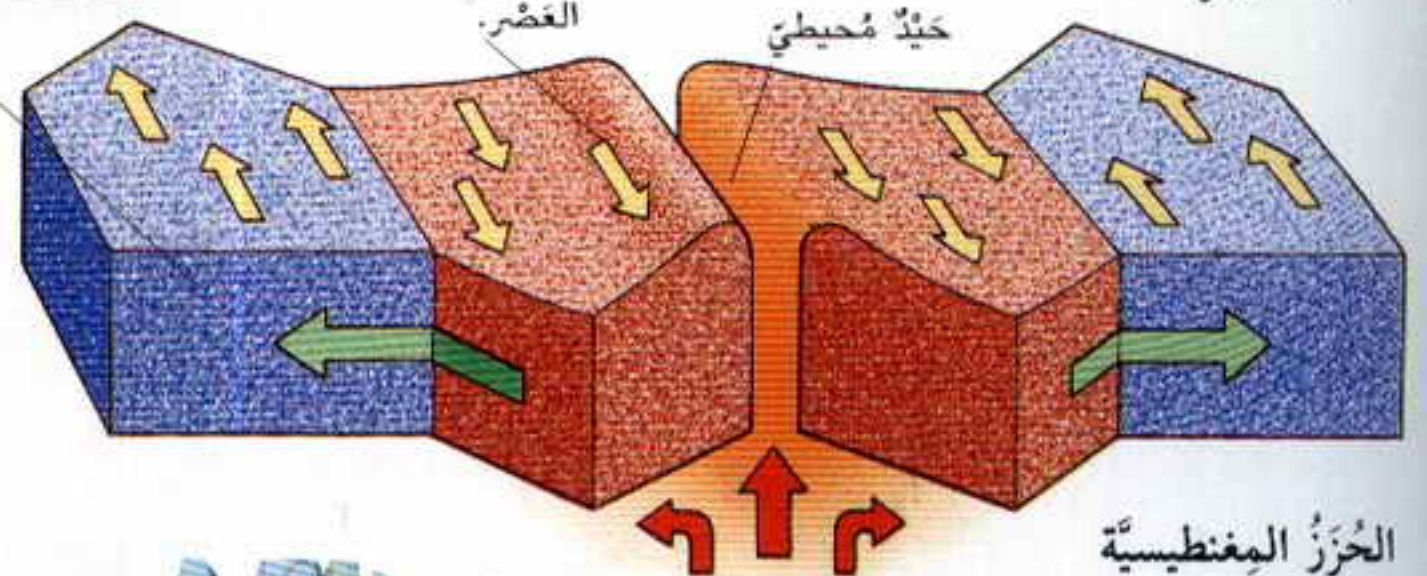
سفينة كولمبوس



كل بضعة ملايين سنة، يتعكس المجال المغنطيسي الأرضي، فيصبح القطب الشمالي قطبًا جنوبيًا. وتكتسب الصخور، المتكوّنة في ذلك العصر، تراضفًا مغنطيسيًا معكوسًا.

هذه الصورة تُبين حُزْرًا مغنطيسيّة في كل طبقة من الحيد المحيطي.

عندما يتجسّس الصخر من الحيد، فإنه يتمغنط باتجاه الشمال المغنطيسي لذلك العصر.

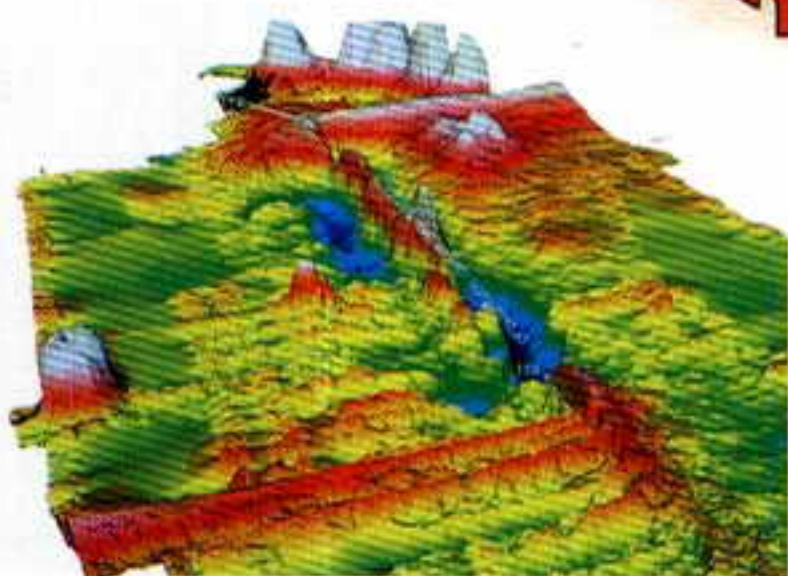


الحُزْر المغنطيسيّة

تتمغنط صخور قاع البحر حُزْرًا. فالشريحة الصخرية الممغنطة باتجاه القطب الشمالي المغنطيسي الحالي تتوضع موازية للشريحة الممغنطة سابقًا باتجاه معاكس. وقد وجد الجيولوجيون هذا النمط نفسه من الحُزْر على جانبي الحيد المحيطي؛ وذلك دليل يبين على اتّداد قيعان البحار.

قاع المحيط

الصخور المتاخمة للحيد المحيطي صخور نظيفة تمامًا، لأنه لم يتسن لها وقت كافٍ لتجميع الرُسابات. أما الصخور البعيدة عن الحيد المحيطي، فهي مُكدّسة بطبقات سمكية من الرُسابات المتراكمة - مما يبين أن قاع المحيط هناك أقدم. وهذا شاهد إضافي على امتداد قيعان البحار.



لمزيد من المعلومات انظر

- القوى ص ١١٤
- بنية الأرض ص ٢١٢
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- الأرض ص ٢٨٧

البراكين

إذا تَرَجَّ قَنِينَ شَرَابٍ فَوَّارٍ بِشِدَّةٍ وَتَفَتَّحَهَا، فَالضَّغْطُ الَّذِي يَدْفُقُ السَّائِلَ رَشَاشًا عِبْرَ فُوهَةِ الْقَنِينَةِ شَبِيهٌ، مِنْ حَيْثُ الْمَبْدَأُ، بِالضَّغْطِ الَّذِي يُسَبِّبُ ثَوْرَانَ الْبَرَائِكِينَ. يَبْتَعِثُ التَّفَجُّرُ الْبَرَائِكِيَّ الْعَنِيفُ سُحْبًا كَثِيفَةً مِنَ الرَّمَادِ وَمَقْدُوفَاتٍ مِنَ الْحَمَمِ اللَّابِيَّةِ اللَّاهِبَةِ تَنْسَابُ مُتَوَهِّجَةً عَلَى السُّفُوحِ الْمُجَاوِرَةِ. يَثُورُ الْبَرْكَانُ عِنْدَمَا تَبْدَأُ الْكُتْلُ الصَّفَائِحِيَّةُ الصَّخْرِيَّةُ، الَّتِي تَوَلَّفُ سَطْحَ الْأَرْضِ، بِالتَّحَرُّكِ. فَعِنْدَ أَصْطِدَامِ صَفِيحَتَيْنِ قَدِيمَتَيْنِ وَأَنْسِحَاقِ إِحْدَاهُمَا تَحْتَ الْأُخْرَى تَنْصَهَرُ الصَّفِيحَتَانِ وَيَنْتُجُ مِنْ ذَلِكَ بُرْكَانٌ عَنِيفُ الطَّرَازِ. وَمِنْ الْبَرَائِكِينَ أَنْوَاعٌ أُخْرَى تَتَكَوَّنُ عِنْدَ تَشَكُّلِ صَفَائِحٍ جَدِيدَةٍ؛ فَتَرْتَفِعُ الصُّهَارَةُ عِبْرَ الدَّثَارِ وَتَنْبُثُ كِبَرَائِكِينَ هَادِئَةً. تَقَعُ بَعْضُ الْبَرَائِكِينَ بَعِيدًا عَنْ حَوَافِّ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ فَوْقَ بُقْعَةٍ نَاشِطَةٍ جَدًّا فِي الدَّثَارِ الْأَرْضِيِّ.



بُومْبِي

فِي الْعَامِ ٧٩ ب.م. ثَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ فِيزُوفٍ وَطَمَرَ مَدِينَةَ بُومْبِي الرُّومَانِيَّةَ عِنْدَ سَفْحِهِ وَمَا فِيهَا بِالرَّمَادِ وَالْحَمَمِ، فَلَمْ يُكْشَفْ عَنْهَا إِلَّا حَوْلَى الْعَامِ ١٧٤٨. وَاللَّافَتْ أَنَّ أَجْسَادَ النَّاسِ وَحَيَوَانَاتِهِمْ تَرَكَّتْ تَجَاوِيفَ فِي الرَّدَمِ الْبَرَائِكِيِّ أَمْكَنَ تَعَبُّثُهَا بِالْجِيسِ وَالْحَصُولِ عَلَى نَمَازِجٍ لِبَعْضِ الصَّخَايَا.

سُحِبَ مِنَ الرَّمَادِ وَالْغُبَارِ قَنْبِيطِيَّةُ الشَّكْلِ تُقَذَّفُ فِي الْجَوِّ، وَتُغَطِّي الْمَنَاطِقَ الْمُحِيطَةَ.

بُرْكَانُ أَنْدِيرِيتِي

الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِيتِيُّ مَخْرُوطٌ حَادُّ الْجَوَانِبِ يَتَكَوَّنُ عِنْدَمَا تَتَفَجَّرُ مَوَادُّ الصَّفَائِحِ الْمُنْصَهَرَةِ مِنَ الْأَرْضِ. وَيَتَعَاطَمُ الْبُرْكَانُ تَدْرِيجِيًّا بِتَرَاكُمَاتِ اللَّابَةِ الْبَطِيئَةِ الْإِنْسَابِ وَطَبَقَاتِ الرَّمَادِ. وَتُعْرَفُ اللَّابَةُ السَّمِيكَةُ الَّتِي يَكُونُهَا هَذَا النُّوعُ مِنَ الْبَرَائِكِينَ بِاسْمِ أَنْدِيرِيتِ.



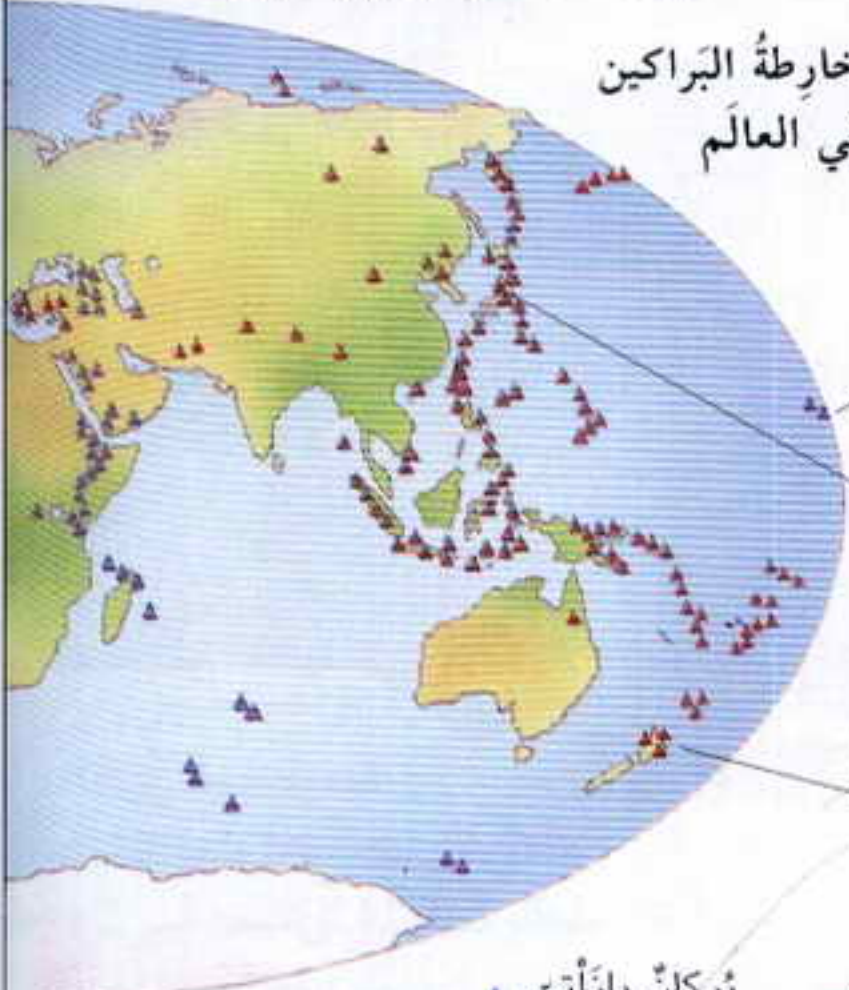
سُحِبَ مُتَاجِجَةٌ مِنَ الْغَازِ وَالْجِيسِمَاتِ الْمَتَوَهِّجَةِ تَنْسَابُ عَلَى سَفُوحِ جَبَلِ بَنِيُورِيلَنْدَا، فِي آبِ ١٩٦٨.

السُّحْبُ الْمُتَاجِجَةُ

إِنْعِنَاقُ الضَّغْطِ فَجَاءَ مِنَ اللَّابَةِ الْأَنْدِيرِيتِيَّةِ الْمُنْدَفِقَةِ عَلَى السَّطْحِ، يُخْدِتُ سَحَابَةً مُتَاجِجَةً تُسَمَّى أحيانًا الْهَيَارَ الْمُتَاجِجَ تَتَأَلَّفُ مِنَ الْغَازَاتِ وَشَطَايَا الصَّخْرِ وَالرَّمَادِ، فِي دَرَجَةِ الْخَرَارَةِ الْبَيْضَاءِ، تَنْسَابُ فَوْقَ التَّلَالِ وَالْأَوْدِيَةِ بِسُرْعَةٍ قَدْ تَصَلَّى إِلَى ١٠٠ كَم/سَاعَةٍ سَافِعَةً كُلَّ شَيْءٍ وَخَافِقَةً كُلَّ حَيٍّ فِي طَرِيقِهَا.



خَارِطَةُ الْبَرَائِكِينَ فِي الْعَالَمِ



هَوَاي

جَبَلُ فُوجِي
بِالْيَابَانِ

نِيُورِيلَنْدَا

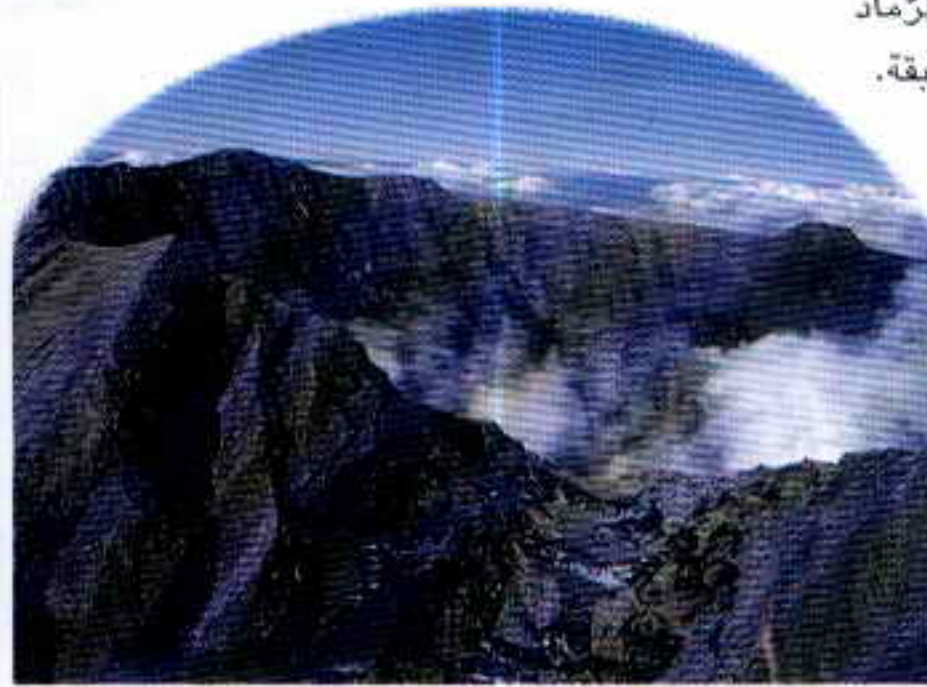
يَتَقَوَّضُ سَفْحُ الْجَبَلِ مُطْلَقًا سُحْبًا مُتَاجِجَةً تُغَطِّي سَمَاءَ الْمِنَاطِقَةِ بِسُرْعَةٍ.

يَتَجَدَّدُ الْغُثُّ الْبَرَائِكِيُّ شَكْلَ الْقَيْعِ، وَيَكُونُ مَمْلُوءًا جُزْئِيًّا بِالرَّمَادِ مِنْ ثَوْرَانَاتٍ سَابِقَةٍ.

غَالِبًا مَا تَتَجَمَّدُ اللَّابَةُ الْأَنْدِيرِيتِيَّةُ فِي الْغُثِّ الْبَرَائِكِيِّ، فَتَسُدُّ فَتْحَتَهُ. وَمَعَ تَكَثُّرِ الضَّغْطِ يَتَعَرَّضُ الْبُرْكَانُ لِلْإِنْفِجَارِ الْمَفَاجِئِ.

ثَوْرَانُ أَنْدِيرِيتِي

الْبُرْكَانُ الْأَنْدِيرِيتِيُّ النَّاشِطُ بُرْكَانٌ عَنِيفٌ جَدًّا، يُمَكِّنُ ثَوْرَانَهُ فِي أَيِّ لَحْظَةٍ، وَتُسَبِّبُ انفِجَارَاتُهُ أَضْرَارًا بِالْعَةِ. وَقَدْ يُرْسِلُ هَذَا النُّوعُ مِنَ الثَّوْرَانِ سُحْبَ الرَّمَادِ وَالْغُبَارِ الْحَارِّينِ إِلَى مَسَافَاتٍ بَعِيدَةٍ جَدًّا. الصُّورَةُ الْمُقَابِلَةُ تُنْقِطُ لِبُرْكَانِ أَنْدِيرِيتِي بَعْدَ ثَوْرَانِهِ.



فِي عَامِ ١٩٨٠، ثَارَ بُرْكَانُ أَنْدِيرِيتِي فِي جَبَلِ الْقُدَيْسَةِ هَيْلَانَةَ بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَحَدَةِ، فَدُمِّرَ مَسَاحَاتٌ شَاسِعَةٌ مِنَ الْغَابَاتِ.

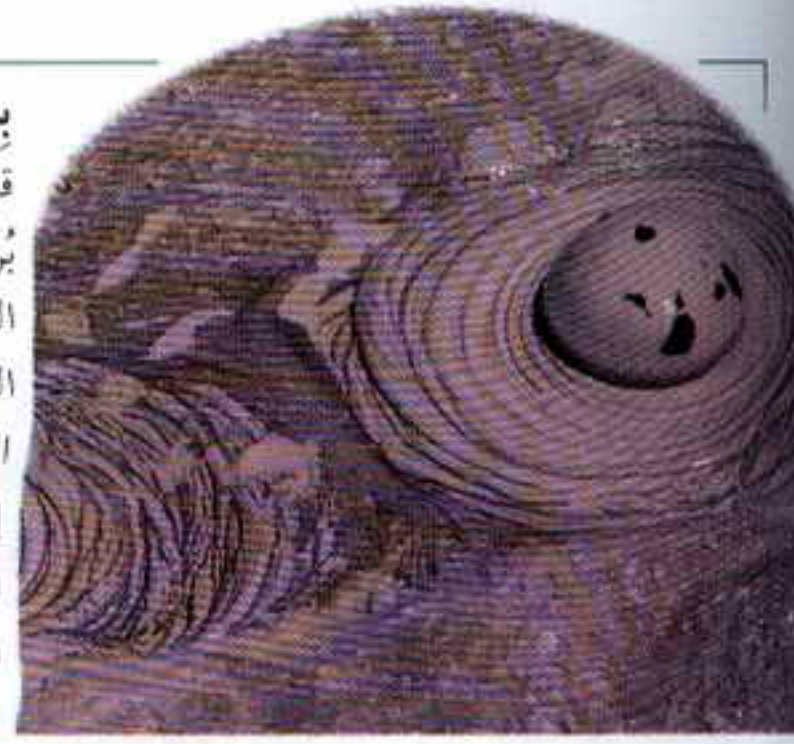
بُرْكَانُ بَارْزَلْتِي

مَنَاطِقُ الْبَرَائِكِينَ الْبَارْزَلْتِيَّةِ

تَوْجَدُ الْبَرَائِكِينَ الْبَارْزَلْتِيَّةَ حَيْثُ تَرْتَفِعُ مَادَّةُ الدَّثَارِ لِتَكُونُ صَفَائِحَ جَدِيدَةً؛ وَهِيَ نَادِرًا مَا تَظْهَرُ فَوْقَ سَطْحِ الْبَحْرِ. أَمَّا بَرَائِكِيُّ النُّطْقِ الْحَارَّةِ، كَتِلْكَ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي هَوَاي، فَقَدْ تَتَكَوَّنُ بَعِيدًا جَدًّا عَنْ حَافَةِ الصَّفِيحَةِ.

بركة طينية

قد يتعرض الماء السارِب في الأرض في منطقة بُركانية للتسخين بفعل الصخور التَّحْتِيَّة الحامية. تَمْتَصُّ الصخور الساخنة الغازات البركانية فتَحْمِضُها؛ وهكذا فإنَّ الحامض الساخن الذي تَمْتَصُّه الصخور يُنتِج حَمَأة تَنسُجُ إلى السطح بركة من الطين الغالي. وتُعتبر البركة الطينية في مُنتَرَه يَلُوسْتون الوطني بالولايات المتحدة معلماً مُحِباً بقصده السَّيَّاح.



الحَمَّات (ينابيع المياه الحارة)

تندفق المياه التي تُسخَّنُها الصخور البركانية إلى السطح في حَمَّات ماء وبُخار. وغالباً ما تتكوَّن شبكة من الحجرات تحت الأرض؛ فإذا تَبَخَّرَت المياه في إحداها، يُدْفَع الماء بالتمدد الحاصل إلى السطح. ويُسهِم الضغط المُخَفَّض بتوليد مزيد من البخار، فيُعْصَف بالمياه صُعداً مُتَدَفِّقة من الأرض كنافورة ماء غالٍ نُسَمِّيها حَمَّة.

النُّطق الحارَّة

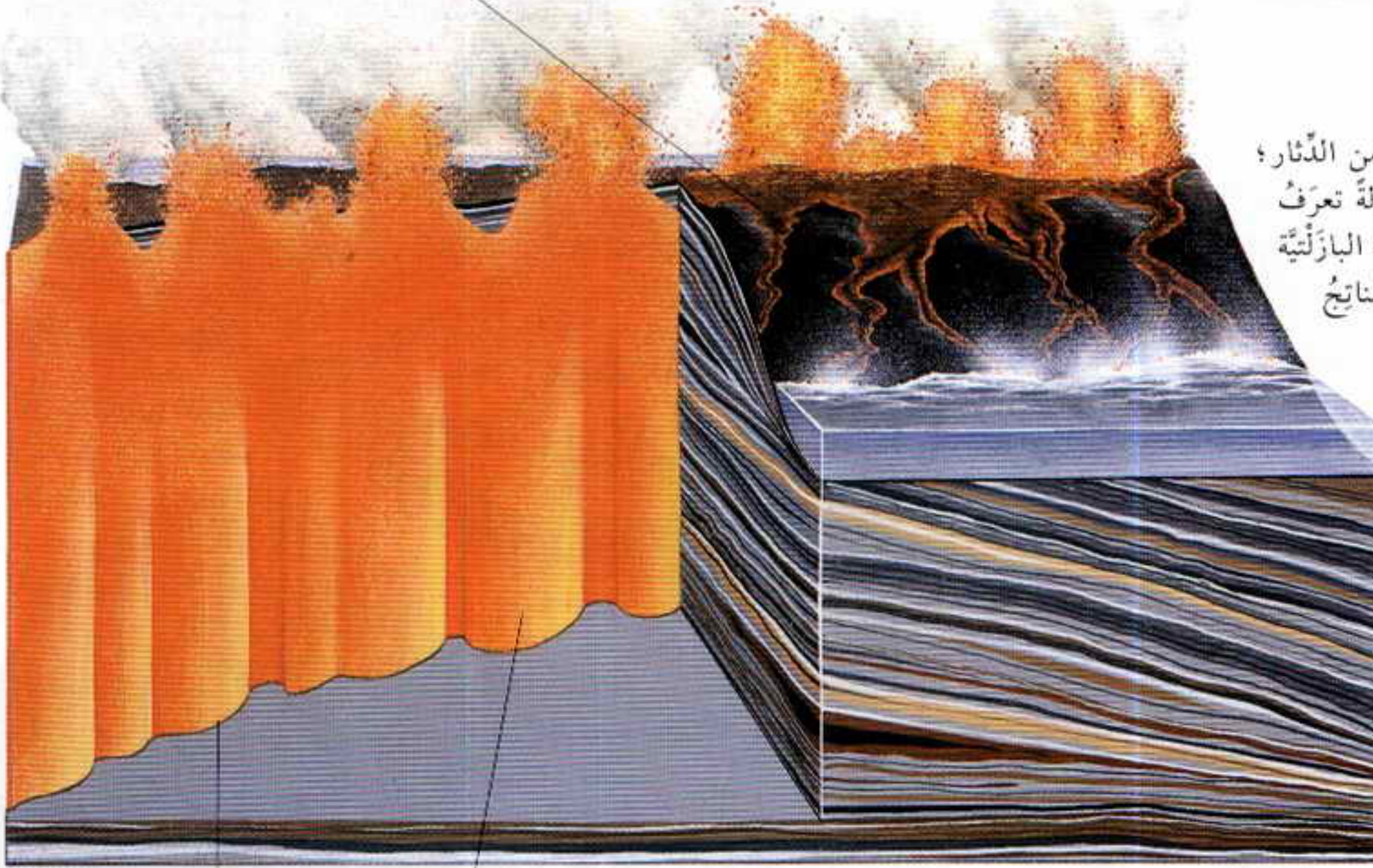
في أعماق الدُّنار الأرضي هنالك مناطق شديدة الحرارة والاضطراب، تُعرَف بالنُّطق الحارَّة، تكون الأوضاع فيها مُهيأة لتكوين البراكين البازلتية على القشرة فوقها. وَيَعْمَلُ تحرك الكتل الصفائحِيَّة المُستمر على تكوين خط سلسلي من البراكين.



جزيرة في نطاق حار مُتَفَجِّر بهاواي.



يتجمَّد تدفق اللَّابة الضخمة من الاندلاعات البازلتية ويتجمَّع كِبَارَلَتٍ قِنِصِي.



البركان البازلتية

في بقاع كالنُّطق الحارَّة، ترتفع المواد المنصهرة من الدُّنار؛ فإذا تَمَّ لها اختراق السطح، تُكوَّن لَابة سوداء سيَّالة تُعرَف بالبازلت. وبخلاف اللَّابة الأنديزيتية تنساب اللَّابة البازلتية عادة مسافات طويلة قَبْلَ أَنْ تَتَجَمَّد. لذا فالبركان الناتج عريضٌ وخفيض، ويُعرَف بالبركان المَجَنِي. تقع مُعْظَمُ البراكين البازلتية في أعماق البحار، فعندما تُقَدَّف اللَّابة في الماء تَبْرُدُ بِسُرْعَةٍ كَثِيلَاتٍ فُقَاعِيَّة تَسْمَى اللَّابة الوَسَادِيَّة. أمَّا على اليابسة، فَيَرْدُ البازلت المنصهر في الهواء كنافورة لَهَب. وقد تَتَجَمَّد القَطرات أثناء طيرانها فتتحوَّل إلى قنابل بُركانية.

تحت كلِّ بركان، هنالك حُجْرَة صُهارِيَّة هي مُستودع من المواد المنصهرة، يُغْذِي الاندلاع البركاني.

طَفْع الشَّقَوق، الذي ترتفع فيه اللَّابة عبر صدوع طويلة، واسع الانتشار في البراكين البازلتية.



لَابة مُنصهرة تنساب فوق الصخور في هاواي

سطوح اللَّابة

تنساب اللَّابة البازلتية بحريَّة، فيكون سطحها البارد قشرة، تتعصَّن وتتجمَّد بالتحركات تحتها. وتُعرَف هذه اللَّابة الحَبْلِيَّة بالهاوِهُو (اسمها المحلي في هاواي). وإذا تَكَسَّرَ هذا السطح، فإنه يكون كُتلاً لَابِيَّة خَشِنة السطح تَسْمَى آ آ.

جبل القديسة هيلانة بالولايات المتحدة

يَلُوسْتون بالولايات المتحدة

بركان أنديزيتي

فيزوف بإيطاليا

مناطق البراكين الأنديزيتية

البراكين الأنديزيتية سُمِّيت بأسم جبال الأنديز حيث لوحظت أولاً. وهذه البراكين تتواجد في المناطق حيث تُبْتَلَع الواحدة من الصفائح الأرضية تحت التي تليها.



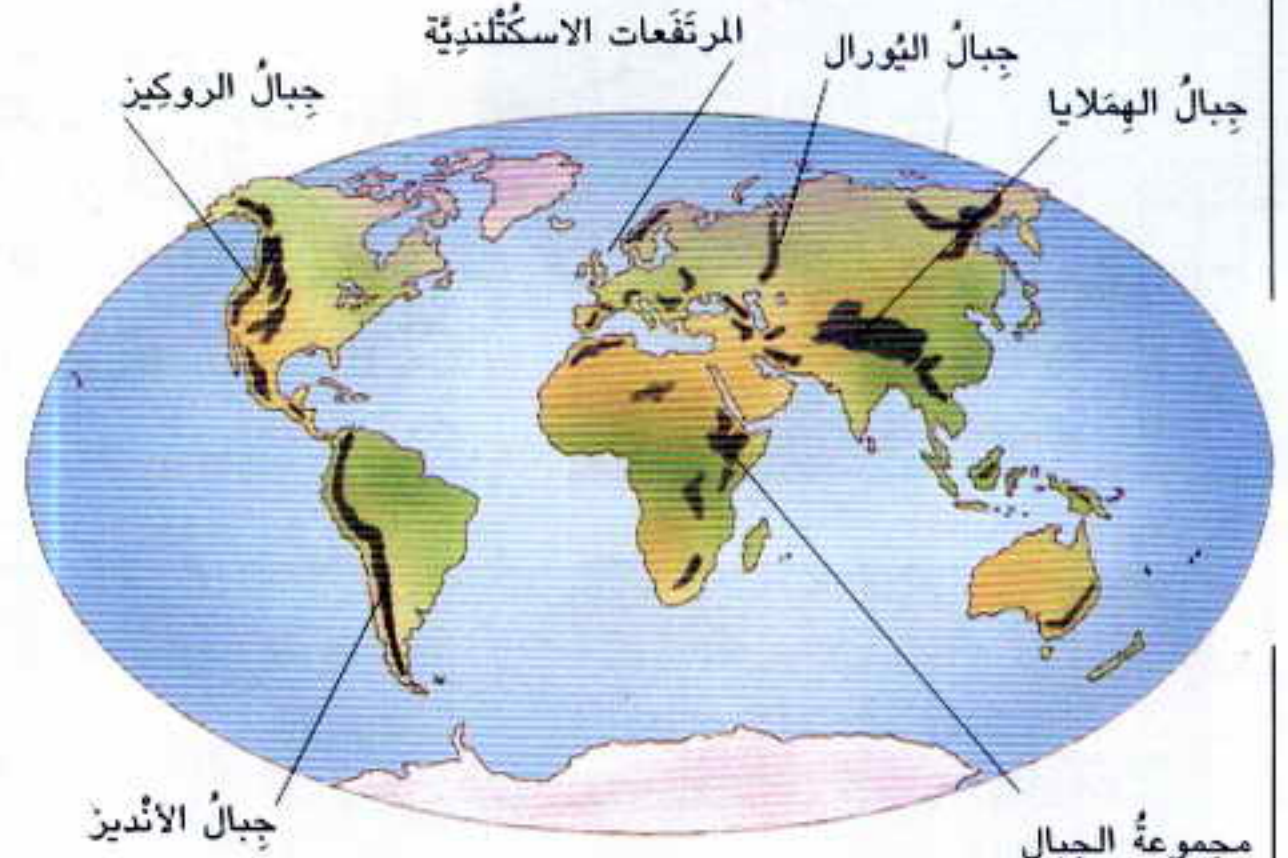
لمزيد من المعلومات انظر

- الحوامض ص ٦٨
- القارَّات المُتحرِّكة ص ٢١٤
- نُشوء الجبال ص ٢١٨
- الهزَّات الأرضية ص ٢٢٠
- الصُّخُور والمعادن ص ٢٢١
- رَسْم خرائط الأرض ص ٢٤٠

نشوء الجبال

تَشِيخُ الجبالِ كما يَشِيخُ الإنسانُ، لَكِنْ لَيْسَ سَرِيعًا جِدًّا مِثْلَهُ. فِلسِلَةُ جِبالِ الهِمَلايا في آسِيا بَدَأَتْ بِالنَّشْؤِ مِنْذُ ٥٠ مِليونِ سَنَةٍ، وَلَا تَزَالُ شَابَةً فِي دَوْرِ التَّكْوُنِ. تَتَكَوَّنُ الجِبالُ نَتِيجَةً لِتَكْتُونِيَّاتِ (حَرَكَاتِ وَقُوَى تَشَكُّلِ) الصَّفائحِ القَارِيَّةِ - وَهِيَ التَّكْتُونِيَّاتُ الَّتِي تَحْدُثُ فِي قِشْرَةِ الْأَرْضِ، ضَاغِطَةً وَعَاصِرَةً حَوَافَّ الْقَارَاتِ. هَذِهِ الْقُوَى تَرْفَعُ الجِبالَ مِنَ الْأَرْضِ قَسْرًا. وَتُحَدِّدُ بَعْضُ سَلَاسِلِ الجِبالِ الْقَدِيمَةِ، كَجِبالِ الأورالِ في رُوسِيا وَالْمُرْتَفَعَاتِ الْإِسْكَتْلَنْدِيَّةِ، مَوَاقِعَ تَصَادُمِ الصَّفائحِ القَارِيَّةِ فِي أَزْمَانٍ غَابِرَةٍ. نَشْوءُ الجِبالِ يَنْطَوِي عَلَى إِجْهَادَاتٍ عَظِيمَةٍ تُسَبِّبُ التَّوَاتُؤَاتِ وَأَنْقِطَاعَاتٍ تَشْكِلِيَّةً فِي الصَّخُورِ يُمَكِّنُكَ تَقْصِيهَا فِي الْمَنَاطِقِ الْجِبَلِيَّةِ.

خارطة جبال العالم



توزع الجبال

سَلَاسِلُ الجِبالِ الرَّاسِيسَةُ عَلَى الْأَرْضِ هِيَ جِبالُ طَيِّ تَكُونَتْ بِانْضِغَاطِ حَوَافِّ الْقَارَاتِ، أَوْ حَيْثُ تَصَادَمَتِ الصَّفائحُ القَارِيَّةُ. أَمَّا الجِبالُ الْكُتْلِيَّةُ، الْمُتَكَوِّنَةُ بِالْمَطِّ، فَهِيَ أَقْلُ لَفَتًا لِلْأَنْظَارِ عَلَى نِطاقِ عَالَمِي - عِلْمًا أَنَّهُ يُمَكِّنُ تَكْوُنَ الْبَرَائِكِ بَيْنَ جِبالِ الطَيِّ أَوْ بَيْنَ الجِبالِ الْكُتْلِيَّةِ.

تَنْزِلُ صَفِيحَةٌ مُحِيطِيَّةٌ تَحْتَ إِحْدَى الْقَارَاتِ؛ فَيَقْلِقُ الْإِحْتِكَالُ الْحَافَّةَ الْقَارِيَّةَ إِلَى أَسَافٍ، دَافِعًا كُلَّ إِسْفِينٍ مِنْهَا خَلْفًا تَحْتَ الْإِسْفِينِ الَّذِي يَلِيهِ.

جبال الطي: عملياً

تَكُونُ الْأَسَافِيْنُ الْقَارِيَّةُ الْمُنْضِغَةُ جُزْأً وَسَلَاسِلُ سَاجِلِيَّةٍ وَعِزَّةٍ. وَهِيَ تَتَأَلَّفُ مِنْ مَزِيجٍ مُزَكَّبٍ مِنَ الرُّسَابَاتِ الْمُحِيطِيَّةِ وَالْمَوَادِّ الْقَارِيَّةِ.

تكوّن جبال الطي

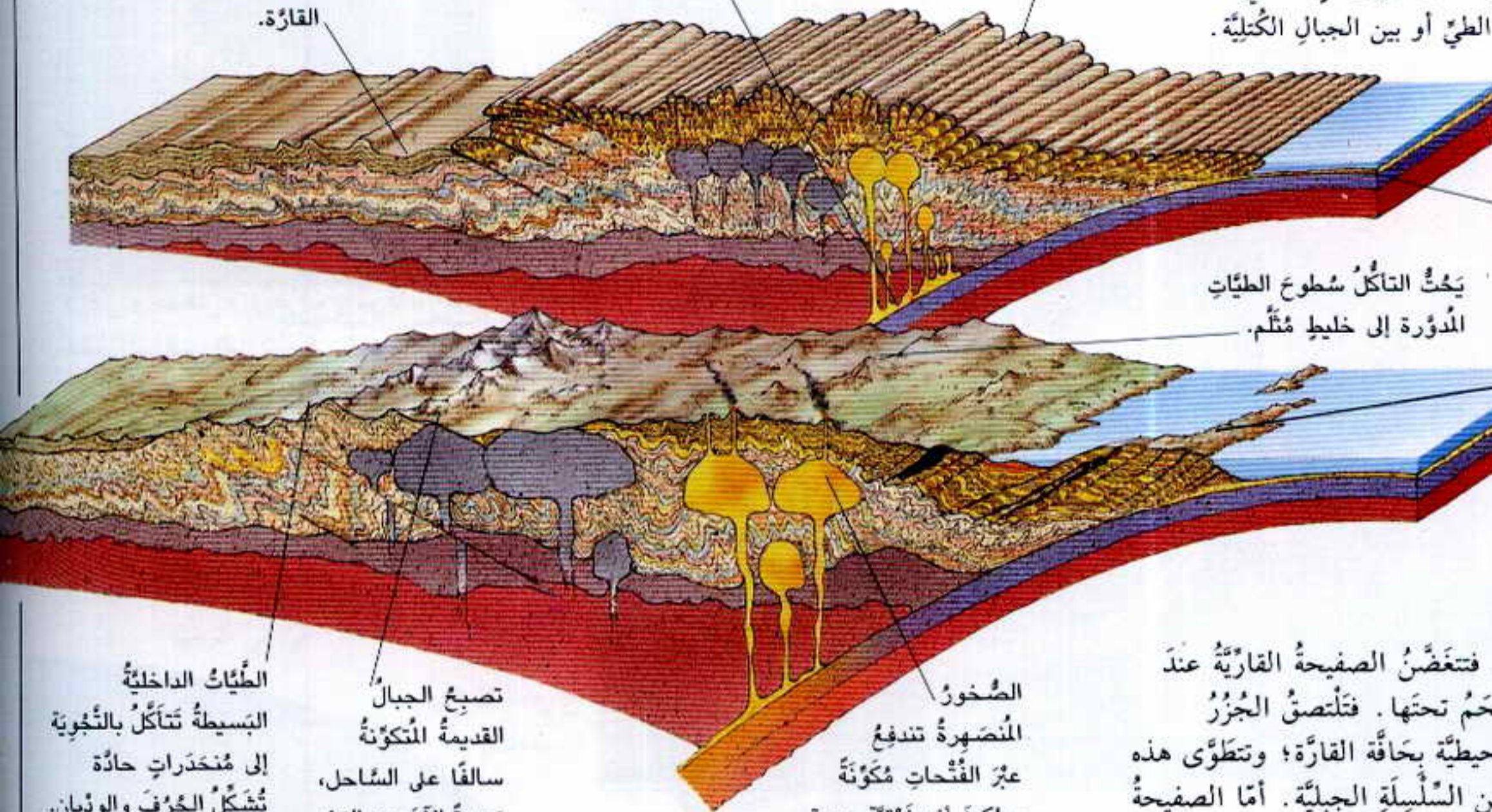
تَكُونُ جِبالُ الطَيِّ عَلَى حَافَّةِ الْقَارَةِ. فَتَغْضُنُ الصَّفِيحَةُ الْقَارِيَّةُ عِنْدَ ارْتِطَامِهَا بِالصَّفِيحَةِ الْمُحِيطِيَّةِ الَّتِي تُقَحَّمُ تَحْتَهَا. فَتَلْتَصِقُ الْجُزُرُ وَالرُّسَابَاتُ الْمَنْقُولَةُ مَعَ الصَّفِيحَةِ الْمُحِيطِيَّةِ بِحَافَّةِ الْقَارَةِ؛ وَتَنْطَوِي هَذِهِ مُقْتَحِمَةً طَرِيقَهَا صُعْدًا لِتَصْبِيحَ جُزْأً مِنَ السَّلْسِلَةِ الْجِبَلِيَّةِ. أَمَّا الصَّفِيحَةُ الْهَابِطَةُ فَتَنْصَهَرُ، وَتَنْصَاعِدُ الصُّهَارَةُ فِي قَاعَةِ الْجِبالِ فَتَرْفَعُهَا أَكْثَرَ، وَتَقْدِفُ الْبَرَائِكِ إِلَى السَّطْحِ.

جبال الطي: نظرياً

الصَّخُورُ الْقَارِيَّةُ تَنْضَغُطُ وَتَتَغَضَّنُ وَتَتَلَوَّى فِي طَيَّاتٍ عَمِيقَةٍ.

تَرْتَفِعُ الْمَوَادُّ الْمُنْصَهَرَةُ مِنَ الصَّفِيحَةِ الْهَابِطَةِ.

يُصْدَعُ الضَّغْطُ الصَّخُورَ وَيُغْضِنُهَا جَيِّدًا فِي دَاخِلِ الْقَارَةِ.



الطَيَّاتُ الدَاخِلِيَّةُ الْبَسِيطَةُ تَتَأَكَّلُ بِالنَّجْوَةِ إِلَى مُنَحْدَرَاتٍ حَادَّةٍ تُشَكِّلُ الْجُرُفَ وَالْوُدْيَانَ.

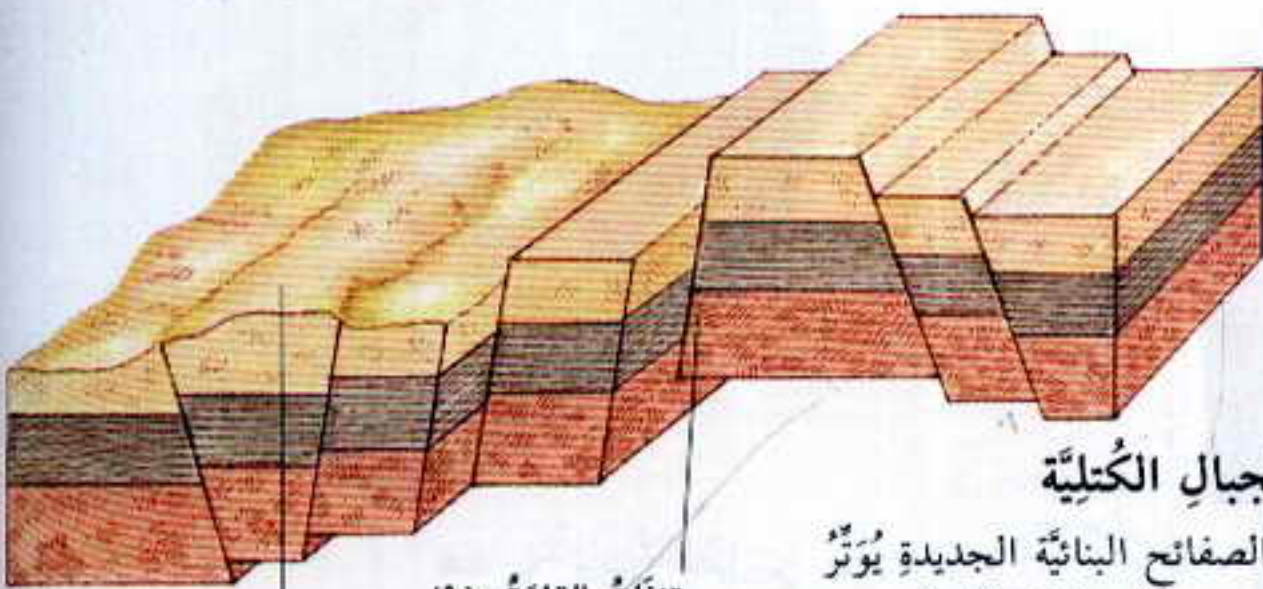
تَصْبِيحُ الْجِبالِ الْقَدِيمَةِ الْمُتَكَوِّنَةِ سَالِقًا عَلَى السَّاحِلِ، بَعِيدَةً الْآنَ عَنِ الْبَحْرِ.

الصَّخُورُ الْمُنْصَهَرَةُ تَنْدَفِعُ عَبْرَ الْفُتُوحَاتِ مُكَوِّنَةً بَرَائِكِينَ أَنْدِيرِيَّتِيَّةً. وَيَبْقَى الْغَرَانِيثُ مَكْشُوفًا عَلَى السَّطْحِ.

الجبال الكتلية

بِالنَّحَاثِ

بِدُونِ النَّحَاثِ



تكوّن الجبال الكتلية

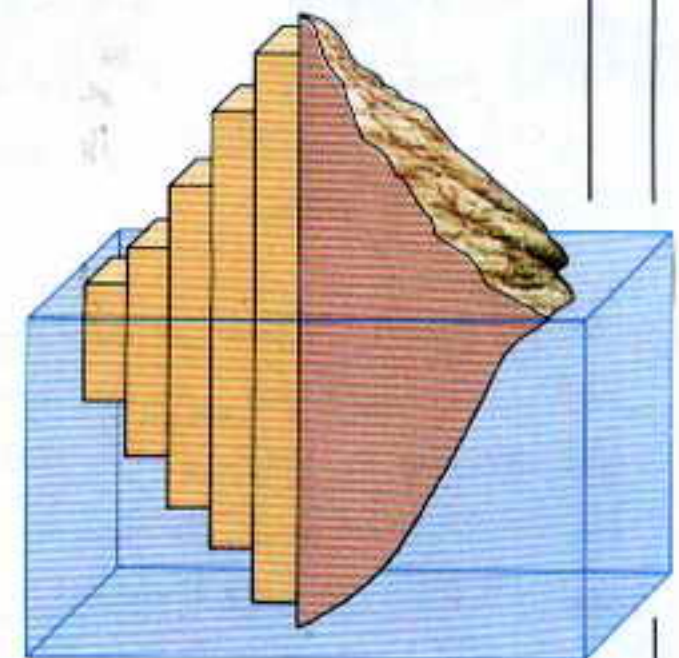
إِنَّ تَكْوُنَ الصَّفائحِ الْبَنَائِيَّةِ الْجَدِيدَةِ يُؤَثِّرُ قِشْرَةَ الْأَرْضِ فَيَقْلِقُهَا كُتْلًا تَفْصِلُ بَيْنَهَا شُقُوقٌ تَسَمَّى صُدُوعًا. وَقَدْ تَنْخِيفُ بَعْضُ هَذِهِ الْكُتْلِ، مُكَوِّنَةً أَوْدِيَّةً خَسْفٍ، تَارِكَةً الْكُتْلَ الْقَائِمَةَ بَيْنَهَا كَجِبالِ كُتْلِيَّةٍ، كَيْتِكَ الْمُتَوَاجِدَةِ فِي شَرْقِ أَفْرِيقِيَّةِ.

تَنْفَلِقُ الْقَارَةُ بِفِعْلِ التَّوْثُرِ إِلَى كُتْلٍ يَتَحَرَّكُ بَعْضُهَا بِالنَّسْبَةِ إِلَى بَعْضِهَا الْآخَرِ.

النَّحَاثُ السَّطْحِيُّ يُدَوِّرُ حَافَاتِ الْكُتْلِ وَيُغْطِي الصَّدُوعَ؛ فَتَنْقُذُ تَمَيِّزُهَا.

الجبال الطافية

فِي الْعَامِ ١٨٥٥، ارْتَأَى الْفَلَكِيُّ الْبَرِيطَانِي جُورْجْ بِيدِلْ عَيْرِي، أَنَّ الْجِبالَ، كَمَا الْكُتْلَ الْخَسْبِيَّةَ الطَّافِيَّةَ فِي الْمَاءِ، يَزْدَادُ عُمُقُهَا تَحْتَ السَّطْحِ كُلَّمَا زَادَ ارْتِفَاعُهَا فَوْقَهُ. وَتَبَيَّنَ الْأَبْحَاثُ الْحَدِيثَةُ أَنَّ قِشْرَةَ الْقَارَةِ أَسْمَكُ كَثِيرًا فِي الْمَنَاطِقِ الْجِبَلِيَّةِ مِنْهَا فِي الْمَنَاطِقِ الْمُنْبَسِطَةِ، وَأَنَّ لِلْجِبالِ جُذُورًا تَمْتَدُّ عَمِيقًا فِي طَبَقَةِ الدَّنَارِ.



نموذج لجذور جبل

تكوُّن الطَّيَّات

عندما تتعرَّض طبقات الصُّخور لِضُغوطٍ بالغةٍ لا تحتملها فإنها تنشئ طيَّات. فالطيَّة المُندالة سَفَلًا هي طيَّة مُقعَّرة، فيما الطيَّة المُقنطرة (المُقسَّمة صُعدًا) طيَّة مُحَدَّبة؛ وغالبًا ما تتواجدان معًا. ويسمَّى الحُطُّ، الذي يَنشئ الصخرُ على امتداده، مِحْوَر الطيِّ.

معالم طيَّة نموذجية

الطبقات النُخينة من الصُّخور الغليظة البنية، كالخجر الرُّملي، تتصدَّع بالتطوي مُكوِّنة شقوقًا تنتشرُ مِزَاجيًا من مِحْوَر الطيِّ.

الطبقات المتعددة الرُّاقات، كالطُّفل، تتغضُّ بالطيِّ.

طبقات الصُّخور النُخينة، كالخجر الكلسي، قد تنفلق بالطيِّ فُلوًّا مُوازيَّةً للمِحْوَر.

الصامدة تتصدَّع بالطيِّ، أمَّا الضَّعيفة فتتسَوِّه وتتغضُّ.

طيَّة لامتائليَّة

أنواع الطَّيَّات

تسَوِّه الصُّخور بِطُرُقٍ مُختلفة تُنتج أنواعًا مُختلفة من الطَّيَّات. الطَّيَّات المُبيَّنة أعلاه هي طيَّات مُتمايلة، يعني أنَّ الطيَّة تتطوي حَوْل مُستوي عموديٍّ. أمَّا في الطَّيَّات اللَّامتائليَّة، فتبدو الطيَّة مائلةً مُنحرفةً بفعل الضَّغط المُسلَّط عليها. وقد تتعاطم الضُّغوطُ جدًّا فتنشئ الطَّيَّة بِكامليها، وتُصبح صَدْعًا دَسْرِيًّا.

طيَّة

تُبيِّن طبقات الصُّخور المُطوَّاة هذه في نيوفاوندلند، نيو جيرسي بالولايات المُتحدة، الأشكال التي اتَّخذتها الطَّيَّات. وتتميَّز الطيَّة في مُنكشَف صَخْرِيٍّ بِالشَّكْلِ المُستدير الذي تُحْدِثُه في طبقات الصُّخور.

دَسْر (صدَّع دَسْرِي)

بالضَّغط المُستمرُّ تُصبح الطيَّة دَسْرًا - يمكنُ مُشاهدته كطيَّة أو صدَّع.

طيَّة مُسطَّجة

الطيَّة المُسطَّجة تبدو كأنها وَقَعَتْ على نَفْسِها.

الطيَّة اللَّامتائليَّة تبدو مائلة؛ لأنَّ مَحاور الطيِّ لِكلِّ طبقة ليست فوق بعضها مُباشرةً.

صدَّع عادي

يتكوَّن الصدَّع العادي بالتأوُّر. فتتصدَّع الصُّخور ويَنزَلِقُ واجدها سَفَلًا تُجاه الذي يليه.

مُستوي الصدَّع يَفْصِلُ الكُتْلَةَ النُخينة عن الفوقية.

الكُتْلَةُ الناتئة على السُّطح تتلاشى عاجلاً بِالتَّحَات.

صدَّع عَكْسِي

يتكوَّن الصدَّع العَكْسِي بِالانضْغاط فتتحرك إحدى الكُتْل صُعدًا بالنسبة إلى الأُخرى.

صدَّع مُتَّجِه انزِلَاقِي يَمِينِي

في صدَّع المُتَّجِه الانزِلَاقِي، تتحرَّك الكُتْلُ جَانِبِيًّا وليس عموديًّا.

صدَّع مُتَّجِه انزِلَاقِي يَمِينِي

صدَّع مُتَّجِه انزِلَاقِي يَسَارِي

في صدَّع المُتَّجِه الانزِلَاقِي اليَسَارِي تحركت الكُتْلَةُ المُقابِلَةُ إلى اليَسَار.



تُبيِّن هذه الصُّخور في نِكشهر بايران، كِلا الصدوع العادية والعكسية.

الصدوع

يمكنُ مُشاهدة الصدَّع كشقٍّ تُحفُّ به الصُّخور مُزَاحٌ بعضها بالنسبة لِيعض.

تُنتَفُ حوافُّ الطبقات مُبالغةً الصدَّع؛ ويُعرَفُ هذا بِالانزِلَاق.

الدُسُرُ صدوعٌ عَكْسِيَّةٌ ضَخْلَةٌ تتواجدُ في المناطق الجبلية.

أنواع الصدوع

أحيانًا، وبالتأوُّر عادةً وليس بِالضَّغط، لا تنشئ الصُّخور ولا تتطوي؛ بل تتصدَّع إلى كُتْل يتحرَّك بعضها بالنسبة لِيعض أو إِنَّه سَبَقَ لها أن فعلت ذلك. ويُعرَفُ هذا بِالصدَّع. ويسمَّى النُّطاق السُّطحي الذي تنزلقُ فيه الكُتْلُ عَبرَ بعضها مُستوي الصدَّع.



صدَّع سان أندرياس

يقطع صدَّع سان أندرياس الهائلُ سَهْلَ كارِيترو بطول ٤٥٠ كم جنوبي سان فرانسيسكو و ١٦٠ كم شمالي لوس أنجلوس. يُمثِّلُ هذا الصدَّع صَدْعًا زَلْزاليًّا، ويُغزى إليه التَّسبُّبُ في بعض الزلازل الرئيسيَّة في الولايات المُتحدة.

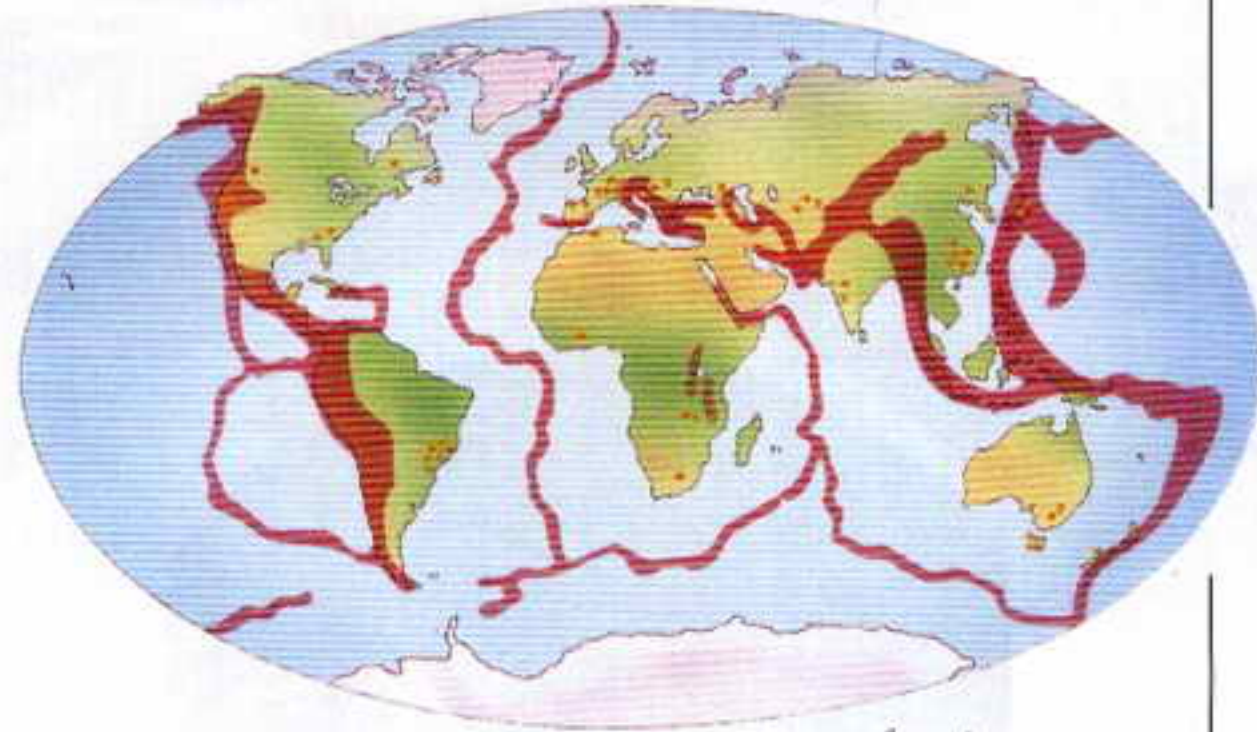
لمزيد من المعلومات انظر

- الضَّغط ص ١٢٧
- بنية الأرض ص ٢١٢
- القارَّات المُتحرَّكة ص ٢١٤
- التَّجوية والتَّحَات ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤

الهزّات الأرضيّة

إنَّ أشدَّ القوى والتفجيرات المألوفة لدينا تَظَلُّ ضَيِّلَةً جَدًّا بالنسبة للقُوَّة التي تُمزَّق طبقات الصَّخر في قِشرة الأرض وتُصدِّعها. فالطبقات الصَّخرية بطبيعتها لا تُشْنِي ولا تُتصدَّع بِسُهولة، لكنَّ التَّوتُّر الذي تُسبِّبه تحركات الصفائح الأرضيّة يتنامى عَبْرَ السَّنين حتَّى تنوء الصُّخور تحت وِطائِهِ، فتتصدَّع فجأة وتُتراخ مُصدِّرةً أمواجاً صدميّة مدمِّرة يَرتَجِفُ معها سطح الأرض في تلك المِنطقة فيما نُسمِّيهِ زلزالًا أو هزَّةً أرضيّة. وقد يلي الرَّجْفَةُ الزَّلزَلِيَّةُ الأولى سِلْسِلَةٌ من الرَّجفات اللَّاحِقَةِ على مَدَى بضعة أيام تالِيَّة؛ ثُمَّ تَخبُو عندما تُستَقِرُّ الصُّخورُ في مَواقِعها الجديدة.

خارطة مناطق الزلازل في العالم



مناطق الهزّات الأرضيّة العميقة
مناطق الهزّات الأرضيّة الضحلة

مناطق الهزّات الأرضيّة

حدوث الزلازل، كما تُوران البراكين يحصل على أمتداد حافات الصفائح الأرضيّة. فتحدث الهزّات الضحلة حيث تتلاقى الصفائح فعلاً عند السطح، فيما تحدث الهزّات العميقة حيث تنزلق إحدى الصفائح تحت أخرى.

مقياس مِرْكَلِي

تُقاس شدّة الزَّلزال أو كَمِيَّة الرَّجْفَةِ، على مقياس مِرْكَلِي المُدرَّج على أساس ما يُرى ويُحسَّ خلال الهزّة. ويتراوح مَدَى المقياس بين الدَّرجة الواحدة للرَّجفات البسيطة جدًّا، وبين الدَّرجة الثَّانية عَشْرَةَ للزَّلزلة التي تحدث دَمَارًا شامِلًا. وتُسمَّى النُّقطة، في باطن الأرض، التي تنطلق منها الهزّة بؤرة الزَّلزال؛ ويُشعر بِشدَّته الأعظم في المَرَكز السَّطحي للزَّلزلة، وهو النُّقطة على سطح الأرض الواقعة تمامًا فوق البؤرة.

قراءة عموديّة

يحمل النابض ثقل المِرْجاف (مقياس الزَّلزلة أو السيِّزمومتر)

يُضخَّم تحرك بقية الغرفة.

تُسجَل التَّحركات المُضخَّمة الأسطوانة الدَّوَّارة

قراءة أفقيّة

تَهتَرُ الغُرْفَةُ بينما يَظَلُّ الثَّقَلُ ساكِناً.

يُضخَّم الإهتزاز بالقدرة الدَّراعيّة.

يُسجَل التَّحركات على الأسطوانة الدَّوَّارة.

المِرْجاف (السيِّزمومتر)

المِرْجاف أو مقياس الزَّلزلة آلة تُسجَلُ الهزّات الأرضيّة. يحوي مقياس الزَّلزلة ثِقَلًا ثَقِيلًا جدًّا بحيث يَظَلُّ ساكِناً بينما يَهتَرُ كُلُّ شَيْءٍ حَوْلَهُ. تُضخَّم الرَّجْفَةُ بفعل الرِّوافِع (القدرة الدَّراعيّة) وتُسجَلُ على أسطوانة دَوَّارة.

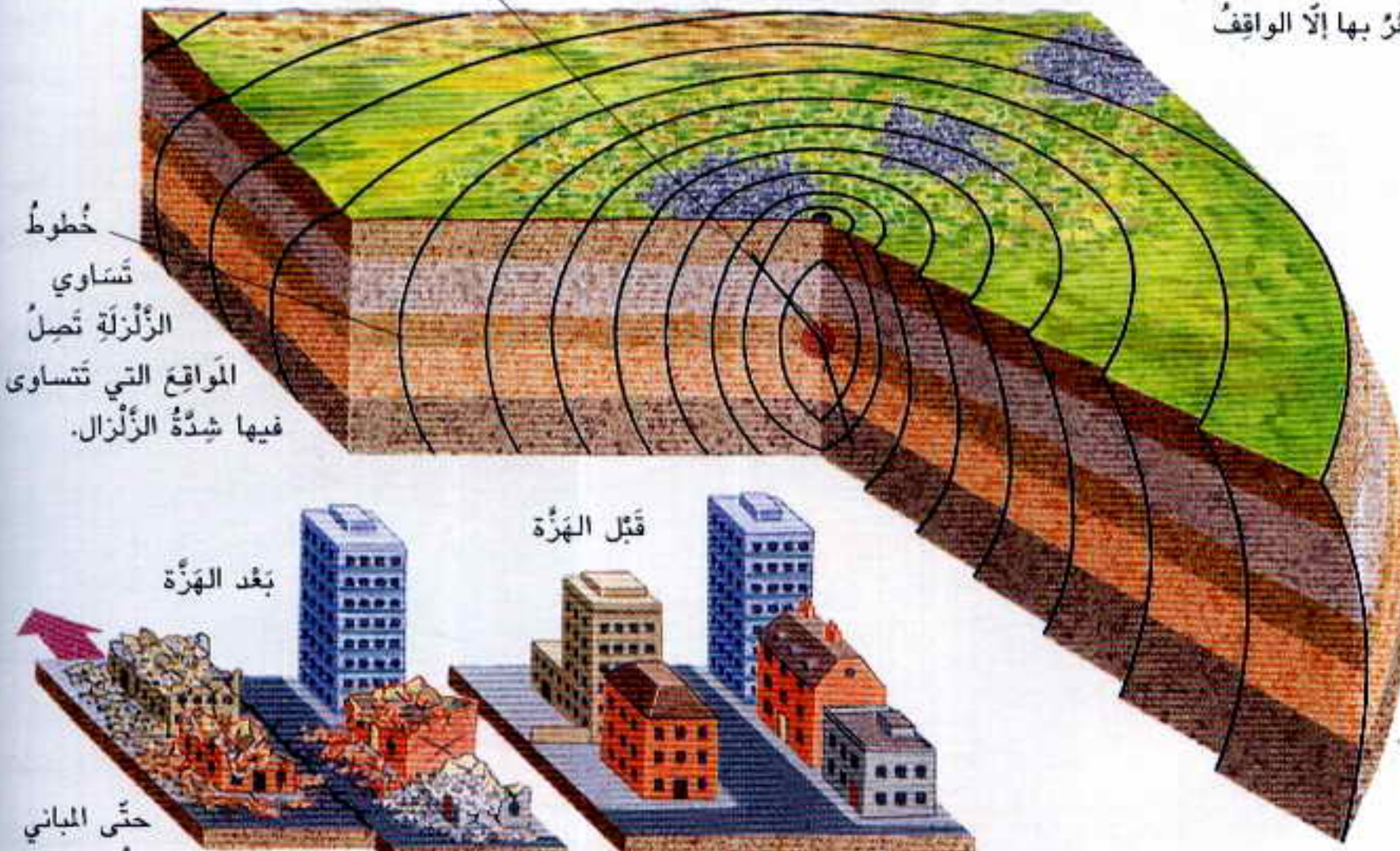
مقياس مِرْكَلِي

هزّات الدَّرجة السَّادِسَةِ على مقياس مِرْكَلِي تُحطَّمُ النوافذ وتُحرَّكُ الأثاث وتُسْقَطُ أُنابيب المِدْحَنَةِ ومِلاطُها.

تَحْرُكُ الصُّخور الأعظم يحدث في بؤرة الزَّلزال.



هزّات الدَّرجة الثَّانية على مقياس مِرْكَلِي، تكون خفيفة فلا يُشعرُ بها إلا الواقِفُ في طابقي غُلُوبِي.



حُطوط زلزَلِيَّة تُصِلُ المَواقِع التي تتساوى فيها شدّة الزَّلزال.

قد تُتَناهَرُ بفعل هَزَّةٍ عَنيفَةٍ، وقد تُصدُّ المَبانِي العالِيَةُ أَكثَرَ من الخَفِيفَةِ. والمَعلومُ أَنَّ النَّارَ والأمراضَ هي أَخطارٌ تَعتَقِبُ الزَّلزَلِ دائِماً.

التَّدمِيرُ الشَّامِلُ

على دَرجة ١٢ من مقياس مِرْكَلِي يكون التَّدمِيرُ شامِلًا. فتمُوجُ الأرضُ بتموجاتٍ كَأَمواجِ البَحر، وتُفَدِّدُ الأجسامُ في الهواء، وتُدمَّرُ المَبانِي تَدمِيرًا كامِلًا. كما تُتغيَّرُ المَعالِمُ الجُغرافيَّةُ لِلمِنطقة بِشَكلٍ دائِمٍ. ولِحُسْنِ الحَظِّ، فإنَّ قَلَّةً من الهزّات تبلغُ هذه الدَّرجة من الشَّدَّة.

لمزيد من المعلومات انظر

- القوى والحركة ص ١٢٠
- الاهتزازات ص ١٢٦
- بنية الأرض ص ٢١٢
- القارّات المتحركة ص ٢١٤
- نشوء الجبال ص ٢١٨
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤



مَشْهُدُ هَزَّةٍ أرضيّة في أَرزِيكان، بَرُكِيَا.

مقياس رِخْتَر

يُقاس قَدْرُ الهزّة الأرضيّة، في مُقابِلِ شدَّتها، بِمِرْجاف رِخْتَر وهو مقياس زلزَلِي (سيِّزمومتر)، من تَصميمِ عالِمِ الزَّلزَلِ الأمريكي شارل ف. رِخْتَر، عام ١٩٣٥. فالهزّات الأرضيّة العَنيفَةُ على هذا المِرْجاف قد تبلغُ دَرجة ٦ أو أَكثَر، أما الأَعْتَى والأشدُّ تَدمِيرًا فقد تبلغُ دَرجة ٨,٩.

مَشْهُدُ هَزَّةٍ أرضيّة في أَرزِيكان، بَرُكِيَا.

الصُّخُورُ وَالْمَعَادِن

الأرض التي نَمْشِي فِي مَنَاجِبِهَا، وَنَشِيدُ الْمَبَانِي عَلَيْهَا، وَنَزَرَعُهَا بَسَاتِينَ وَحُقُولًا تَتَأَلَّفُ مِنْ صُخُورٍ؛ وَكُلُّ صَخُورِ الْأَرْضِ تَتَأَلَّفُ مِنْ كِيمَاوِيَّاتٍ تُسَمَّى مَعَادِن. بِالْفَحْصِ الْمَجْهَرِيِّ، يَتَبَيَّنُ أَنَّ الصَّخْرَ مُؤَلَّفٌ مِنْ بِلُّورَاتٍ مَعْدِنِيَّةٍ مُتَبَايِنَةٍ تَتَنَامَى وَتَتَدَاخَلُ مَعًا كَالْفُسْفُوسَاءِ. وَلَا يَحْوِي الصَّخْرُ الْمَعْيَنُ عَادَةً أَكْثَرَ مِنْ سِتَّةِ أَنْوَاعٍ مِنَ الْمَعَادِنِ، لِكُلِّ نَوْعٍ مِنْهَا تَرَكِيبُهُ الْكِيمَاوِيُّ الْمُتَمَيِّزُ. وَتَتَأَلَّفُ قِشْرَةُ الْأَرْضِ مِنْ ثَلَاثَةِ أَنْوَاعٍ مُتَبَايِنَةٍ النِّشَاءِ مِنَ الصُّخُورِ هِيَ الْبُرْكَانِيَّةُ (أَوْ النَّارِيَّةُ) وَالْمُتَحَوِّلَةُ وَالرُّسُوبِيَّةُ. فَالْصُّخُورُ الْبُرْكَانِيَّةُ تَنْشَأُ مِنْ تَصَلُّبِ الصُّهَارَةِ السَّائِلَةِ بِالْبُرُودَةِ. وَتَنْتُجُ الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ مِنْ تَحَوُّلِ الصَّخْرِ كِيمَاوِيًّا بِالْحَرَارَةِ أَوْ الضَّغْطِ إِلَى صَخْرٍ مُخْتَلِفِ النُّوعِيَّةِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرَّسُوبِيَّةُ فَتَتَكَوَّنُ بِتَلَاخُمِ قُتَاتِ الصُّخُورِ وَأَنْوَاعِ الْحُثَاتِ وَالْأَنْقَاضِ الْآخَرَى.



بِلُّورَاتُ الْمَرْوِ
الرَّمَادِي

أنواع الغرانيت المختلفة

فِي بَعْضِ الصُّخُورِ، كَالْغِرَانِيْتِ، تَتَكَوَّنُ بِلُّورَاتُ الْمَعَادِنِ مِنَ الْكِبَرِ بَحَيْثُ تُرَى بِالْعَيْنِ الْمَجْرَدَةِ. يَتَأَلَّفُ الْغِرَانِيْتُ مِنْ مَعَادِنِ الْمَرْوِ (الْكُوَارْتِزِ) وَالْفِلْسِبَارِ وَالْمِيكَآ؛ وَقَدْ يَكُونُ لَوْنُ الصَّخْرِ قَرْنَفَلِيًّا أَوْ رَمَادِيًّا، تَبَعًا لِنَوْعِ الْفِلْسِبَارِ الَّذِي يَحْوِيهِ.



مَرْوٌ قَرْنَفَلِي
اللون

غِرَانِيْتُ نَقْشِي

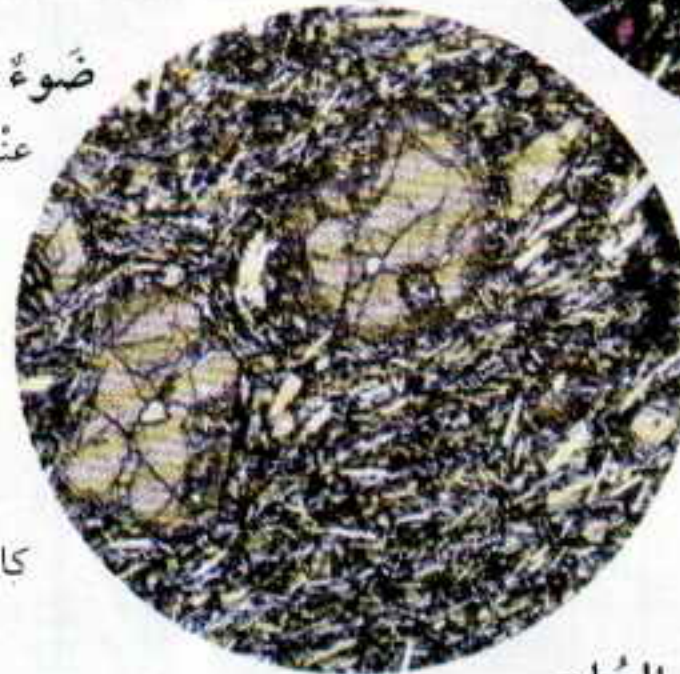


غِرَانِيْتُ الْبَيْتُونِيْتِ



ضوء مُسْتَقْطَب

عِنْدَ فَحْصِ شَرِيحَةٍ صَخْرِيَّةٍ بِمَجْهَرٍ مُزَوِّدٍ بِمُرْشِحٍ مُفْرَدٍ الْإِسْتِقْطَابِ (يُسَمَّى بِمُرُورِ أَمْوَاجِ ضَوْئِيَّةٍ مُعَيَّنَةٍ فَقَطْ) تَظْهَرُ الْمَعَادِنُ كُلُّهَا عَلَى جِدَةٍ، شَفَافَةٍ فِي مُعْظِمِهَا. وَقَدْ يُظْهَرُ بَعْضُهَا لَوْنًا ضَمِيلًا؛ وَقَلَّةٌ مِنْهَا، كَالْحَدِيدِ، تَبْدُو ظَلِيلَةً كَامِدَةً بِالْكَامِلِ.



صَخْرٌ مُزْدَوِجُ الْإِسْتِقْطَابِ

إِذَا تَمَخَّصْنَا الشَّرِيحَةَ الصَّخْرِيَّةَ نَفْسَهَا عَبْرَ مُرْشَحَيْنِ مُسْتَقْطَبَيْنِ تَبْدُو الْمَعَادِنُ فِي نَسَقٍ رَائِعٍ مِنَ الْأَلْوَانِ؛ وَتَتَغَيَّرُ هَذِهِ الْأَلْوَانُ إِذَا مَا دُوِّرَتِ الشَّرِيحَةُ تَحْتَ الْمَجْهَرِ. وَيُمْكِنُ تَعْيِينَ هُوِيَّةِ الْمَعَادِنِ كُلِّهَا عَلَى جِدَةٍ مِنْ مَظْهَرِهِ وَمِنْ تَغْيِيرَاتِ الْوَانَةِ.



الحلي

بَعْضُ الْمَعَادِنِ جَمِيلٌ أَخَاذًا، لِذَا يُسْتَعْمَدُ فِي صِنَاعَةِ الْحُلِيِّ. وَتَعْتَمِدُ قِيَمَةُ مَعَادِنِ الْحُلِيِّ هَذِهِ عَلَى نُدْرَتِهَا وَبِقَدَارِ الطَّلَبِ عَلَيْهَا.

بِلُّورَاتُ الْجَمَشْتِ
تَوَلَّفُ جِتَارًا
حَوْلَ جَوْزَةِ
صَخْرِيَّةٍ



الهيماتيت

تَحْوِي الْخَامَاتُ الْمَعْدِنِيَّةُ فِلِزَاتٍ يُمَكِّنُ فَضْلُهَا بِسَهُولَةٍ؛ كَالْهِمَاتَيْتِ أَخَذَ خَامَاتِ الْحَدِيدِ. فَالْحَدِيدُ فِلِزٌ مَتِينٌ مَرُونٌ (قَابِلٌ لِلثَنِي) يُمَكِّنُهُ الْإِتِّحَادُ مَعَ فِلِزَاتٍ أُخْرَى لِتَكْوِينِ سَبَائِكٍ. وَأَسْتِعْمَالَاتُ الْحَدِيدِ وَاسِعَةٌ أَلْتَطَاقُ - مِنْ صُنْعِ الْإِبْرِ وَالْمَقْصَّاتِ إِلَى وَرْشِ وَأَشْغَالِ الْإِنْشَاءَاتِ الصُّنَاعِيَّةِ الضَّخْمَةِ.

هِمَاتَيْتِ، خَامٌ
حَدِيدِي

سُلْمٌ مُوَهَّزٌ

يُمْكِنُ تَعْيِينَ هُوِيَّةِ الْمَعَادِنِ مِنْ صَلَادَتِهَا. فَالْمَعْدِنُ الَّذِي يَسْتَطِيعُ خَدَشَ مَعْدِنٍ آخَرَ هُوَ أَصْلَدُ مِنْهُ. وَيَتَرَاوَحُ سُلْمُ مُوَهَّزٍ لِقِيَاسِ صَلَادَةِ الْمَعَادِنِ بَيْنَ ١ وَ ١٠ - بِاعْتِبَارِ صَلَادَةِ الطَّلَقِ (أَلَيْنِ الْمَعَادِنِ) ١، الْجَبَسِ ٢، الْكَلْسِيْتِ ٣، الْفِلُورَيْتِ ٤، الْأَبَايْتِ ٥، الْأُورْتُوكْلَازِ ٦، الْكُوَارْتِزِ ٧، الثُّوبَازِ ٨، الْكُورَنْدُمْ ٩، وَالْمَاسِ ١٠ (أَصْلَدُ الْمَعَادِنِ).



الْمَاسِ



الطَّلَقُ (الْتَلَكُ)

الجَوْزَةُ الصَّخْرِيَّةُ (الْمُبْطَنَةُ بِالْبِلُّورَاتِ)

قَدْ تَذَوَّبَ مَعَادِنُ الصُّخُورِ فِي الْمَاءِ أَوْ فِي سَوَائِلِ بُرْكَانِيَّةٍ مَارَّةٍ عَبْرَهَا، وَتُحْمَلُ إِلَى مَوَاقِعٍ أُخْرَى. وَالْمَعَادِنُ الَّتِي تَتَرَاكُمُ عَلَى جَوَانِبِ تَجْوِيفِ صَخْرِيٍّ قَدْ تَكُونُ جَوْزَةً صَخْرِيَّةً مُبْطَنَةً بِالْبِلُّورَاتِ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الرَّابِطُ الْكِيمَاوِي ص ٢٨
- البِلُّورَاتِ ص ٣٠
- العُنَاصِرُ ص ٣١
- الْحَزَقِيَّاتِ ص ١٠٩
- بِنْيَةُ الْأَرْضِ ص ٢١٢
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٥

الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة

أثناء أَحْتِرَاقِ الشَّمْعَةِ يَنْضُ بعضُ الشمع السائلِ قَطَرَاتٍ على جوانِبِها ويتجمّد. هكذا تتكوّن الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة إِذ تتصلّبُ من كتلة صخرية منصهرة كما تتصلّبُ اللَّابَةُ المُنسَابَةُ عندما تَبْرُدُ على حَوَافِّ بُرْكَانٍ. ونظراً لِفاعليّةِ العاملِ الحراريّ في تكوين الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة، فقد سُمِّيت أيضاً «الصُّخُورُ الناريّة». هنالك نوعان رئيسيان من الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة: النابِطَةُ السطحيّة والمُنْدَسَةُ الجوفيّة. الأنواعُ السطحيّة تنشأ من تصلّب الصُّهارة بِسرعة فوق سطح الأرض كما اللَّابَةُ؛ وهذا يُكسِبُها نَسْجَةً بلوريّة دقيقة الحبيبات. أمّا الصُّخُورُ الجوفيّة فتنشأ من صُّهارة تصلّبت بالتبريد البطيء عميقاً تحت سطح الأرض لِتُنتِجَ صَخراً خَشَنَ النَسْجَةِ البلورية كبير الحبيبات.

البازلت

البازلتُ صخرٌ بُركانيّ سطحيّ نموذجيّ نشأ من اللَّابَةِ؛ وهو صخرٌ كثيفٌ داكنٌ مُسَوّدٌ بسبب المعادن المتواجدة فيه، وهو بسبب التبريد السريع دقيق الحبيبات المُتبلّرة.



بلورات الغرانيت كبيرة بحيث تُرى بالعين المجردة.

ينشأ البازلت عندما تبرد اللَّابَةُ البرُكَانِيَّة فوق سطح الأرض.



الغرانيت

الغرانيتُ صخرٌ بُركانيّ جوفيّ، يوجد منه عدّة أنواع كلّها فاتحة اللون بسبب طبيعة المعادن الفاتحة اللون فيها. ويستغرق الغرانيت وقتاً أطول من البازلت لِيتصلّب، مُكوّناً بلورات أكبر حجماً بحيث تُرى بسهولة.

تكوّن الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة

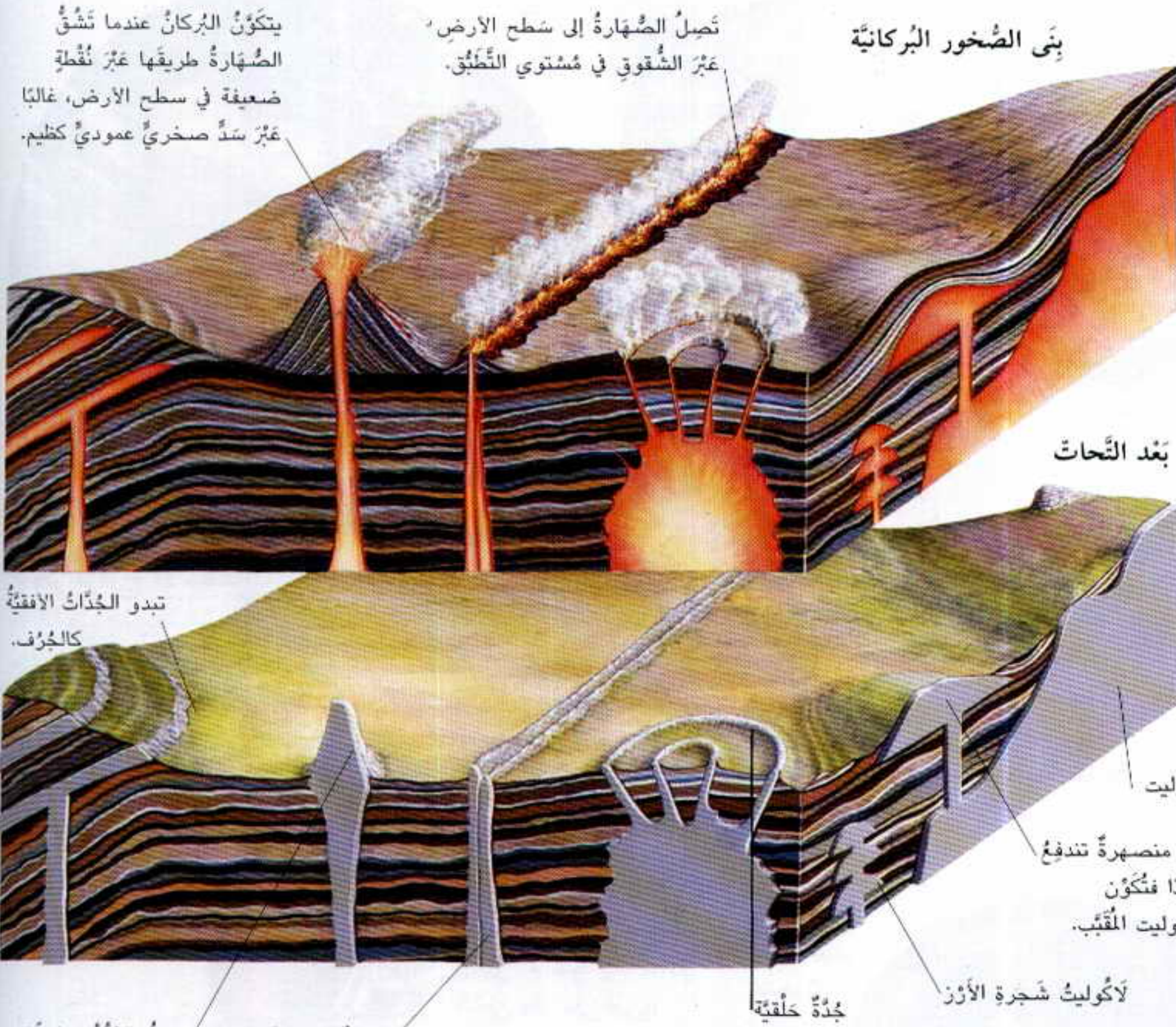
تنشأ الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة الخفيفة نسبيّة السليكا، كالبازلت، من صُّهارة مادة الدثار الأرضي. أمّا صُّهارة مادة الصفائح الأرضية فتكوّن صُّخُوراً بُركانيّة عالية نسبيّة السليكا، كالغرانيت، الذي يتصلّب كُتلاً ضخمة كالسَّنام الغائر (باتوليت) أو في قِباب أنداساسيّة (لأكوليت)، أو يتكوّن في الصَّدُوع مُشكّلاً جُذاتٍ قاطعة (سُدوداً) صخرية عموديّة) أو مُوازية أفقيّة؛ أو قد يُنجسُ عَبرَ السطح. ولا يُرى الصُّخرُ الجوفيّ إلا بعدَ تَحَاتِ الطبقاتِ الفوقيّة.



جُدَّة قاطعة بُركانيّة

عندما تُشقُّ الموادُ المنصهرة طريقها إلى صدع وتتصلّب، تكوّن صَخراً أنداساسيّاً متوسط حجْم الحبيبات. وهذا الصخرُ أصلدُ عادة من الصُّخور المحيطة به، لذا يصمّد هذا الاندساسُ بعد التَّحَاتِ كمُعَلِّمٍ طبيعيّ أرضيّ بارز.

بَنَى الصُّخُورِ البرُكَانِيَّة



تصلُّ الصُّهارةُ إلى سطح الأرض عَبرَ الشَّقُوقِ في مُستوي النّطبّق.

يتكوّن البركانُ عندما تُشقُّ الصُّهارةُ طريقها عَبرَ نُقْطَةٍ ضعيفة في سطح الأرض، غالباً عَبرَ سَدٍّ صخريّ عموديّ ككُظيم.

بعد التَّحَاتِ

باتوليت

موادٌ منصهرة تندفع صُعْدًا فتكوّن اللاكوليت المُقَبَّب.

لاكوليت شجرة الأرز

جُدَّة حَلَقِيّة

جُدَّة مُضاعفة

يَقِفُ الغُتْقُ شامخاً بعد أن يتأكّل البركانُ المحيطُ به.

رَصْفُ الطَّرِيقِ

الصُّخُورُ البرُكَانِيَّة صَلْدَةٌ جدّاً. والحِصْبَاءُ من كُسَارَتِهَا تصلحُ كمادّة رَصْفٍ قويّة جيّدة لِتَعْبِيدِ الطَّرِيقِ، خاصّة بعدَ خَلطِهَا بِالزَّفْتِ؛ لأنّ الزَّفْتِ يَمْنَعُ تَفْتَتَ معادِنِهَا السَّليكاويّة (الفِلْسِبَار) بالتَّجْوِيَةِ.



يُغْرِشُ سطحُ الطريقِ بِخَلِيطٍ من حِصْبَاءِ الغرانيت والزَّفْتِ السَّاجِن.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- بِنْيَةُ الأرض ص ٢١٢
- البراكين ص ٢١٦
- الصُّخُورُ والمعادِن ص ٢٢١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

القَصَّةُ (الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ المُكْتَلَّةُ)

تتكوَّنُ الحَصْبَاءُ الأَخْضَرَةُ إلى صَخْرٍ رُسُوبِيٍّ قَتَاتِيٍّ خَشِينٍ يُدْعَى القَصَّةُ أو الرَصِيسُ. وتَشْمَلُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَتَاتِيَّةُ الأُخْرَى الحَجَرُ الرَّمْلِيَّ - المُوَلَّفُ من طَبَقَاتِ الرَّمْلِ في الصَّحَارَى أو على شَوَاطِئِ البَحَارِ - وَالطُّفْلُ المُوَلَّفُ من طَبَقَاتِ الوَحْلِ وَالطِّينِ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ القَتَاتِيَّةُ

صَخْرٌ مُكْتَلٌّ



لا يُمَكِّنُكَ مَعْرِفَةُ مَا قَدْ تَحْوِيهِ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ؛ فَالكَثِيرُ من أنواعِ هذه الصُّخُورِ يتألَّفُ من صَخُورٍ مُتَعَدِّدَةٍ أُخْرَى، أو حَتَّى بَقَايَا حَيَوَانِيَّةٍ مُلْتَصِقَةٍ بَعْضُهَا بِبَعْضٍ. تَنْشَأُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ من جُسَيْمَاتٍ مُتْرَاصَةٍ كَطَبَقَاتٍ من الرُّسَابَاتِ تُطْمَرُ وتُضَغَطُ لاجِقًا فَتَلْتَجِمُ بالسَّمْنَةِ إلى كِتْلَةٍ جَامِدَةٍ. يُوجَدُ ثَلَاثَةُ أنواعٍ من الصُّخُورِ الرُّسُوبِيَّةِ: القَتَاتِيَّةُ، وتَتَأَلَّفُ من كُسَارَةٍ وَقَتَاتٍ صَخُورٍ سَالِفَةٍ؛ والكِيمَاوِيَّةُ، وتَنْشَأُ بِانْفِصَالِ المَوَادِّ الكِيمَاوِيَّةِ، كَالْأَمْلَاحِ، المُذَابَةِ في المَاءِ، عَنِ مَحَالِيلِهَا؛ وَالْحَيَوِيَّةُ المَنْشَأُ، وتَتَأَلَّفُ من بَقَايَا الكَائِنَاتِ الحَيَّةِ.

شَوَاطِئُ حَصْبَاوِيَّةٍ

طَبَقَاتٌ رَمْلِيَّةٌ وَطِينِيَّةٌ

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الكِيمَاوِيَّةُ

يُقْتَتَلُ المَطَرُ والعَوَامِلُ الجَوِّيَّةُ الصُّخُورُ المَكْشُوفَةُ إلى كُسَارَةٍ وَحُطَامٍ.

تَجْرُفُ المِيَاءُ الجَارِيَّةُ هَذَا الحُطَامَ الصَّخْرِيَّ إلى البَحْرِ حَيْثُ يَتَرَسَّبُ.

تَتَبَخَّرُ مِيَاءُ بُحَيْرَةٍ أو لِسَانٍ بَحْرِيٍّ مَعْزُولٍ، فَيَزْدَادُ تَرَكِيزُ الأمْلَاحِ المُذَابَةِ تَدْرِيجِيًّا، وَآخِرًا تَتَرَسَّبُ.

الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الحَيَوِيَّةُ المَنْشَأُ

حَجَرٌ كِلْسِيٌّ صَدْفِيٌّ



الشَّعْبُ المَرَجَانِيُّ هُوَ نَفْسُهُ صَخْرٌ رُسُوبِيٌّ حَيَوِيٌّ المَنْشَأُ؛ وَيُمْكِنُ لِكُسَارَاتِهِ المُنْتَشِرَةِ عَلَى قَاعِ البَحْرِ تَكْوِينَ شَعْبٍ أُخَرَ.

قَبْلَ مِلْيَينِ السَّنِينَ

الحَجَرُ الكِلْسِيُّ المَحَارِي

الصُّخُورُ الحَيَوِيَّةُ المَنْشَأُ تتألَّفُ من مَوَادِّ كَانَتْ حَيَّةً فِي زَمَنِ مَضَى. يتألَّفُ الحَجَرُ الكِلْسِيُّ المَحَارِي، أَعْلَاهُ، من بَقَايَا وَشَطَايَا المَحَارِ والأَصْدَافِ البَحْرِيَّةِ؛ كَمَا إِنَّ الحَجَرُ الكِلْسِيَّ الشَّعْبِيَّ والفَحْمَ الحَجْرِيَّ هُمَا أَيْضًا مِثَالَانِ عَلَى الصُّخُورِ الرُّسُوبِيَّةِ الحَيَوِيَّةِ المَنْشَأِ.



وَحُولٌ وَطِينٌ مِيَاءِ الأعْمَاقِ تَتَرَسَّبُ عَلَى قَاعِ البَحْرِ.

رَمْلٌ وَغَرِيزٌ من مَصَبِّ نَهْرٍ.

طَبَقَةٌ صُلْدَةٌ من الحَجَرِ الجَبْرِي (الكِلْسِيِّ) تُكُونُ حَيْثَا بَارَزَا.

فِي الوَقْتِ الحَاضِرِ



طَبَقَاتُ الصَّخْرِ الرَّمْلِيِّ أَكْثَرُ مُقَاوِمَةً لِلْحَتِّ من طَبَقَاتِ الطُّفْلِ.

طَبَقَاتُ من الرُّسَابَاتِ

الرُّسَابَاتُ الَّتِي تُصْبِحُ فِي النِّهَايَةِ صَخُورًا رُسُوبِيَّةً قَدْ تَغَطَّى كَامِلَ قَاعِ البَحْرِ أو مِسَاحَاتٍ صَغِيرَةً مِنْهُ. أَمَا حَيْثُ تَلْتَقِي بَيْتَانِ، كَمَا فِي مَصَبِّ دِلْتَاوِيٍّ فِي البَحْرِ، فَهَنَالِكَ مَزِيجٌ من مُخْتَلِفِ أنواعِ الرُّسَابَاتِ.

مِلْحٌ صَخْرِيٌّ

المِلْحُ الصَّخْرِيُّ

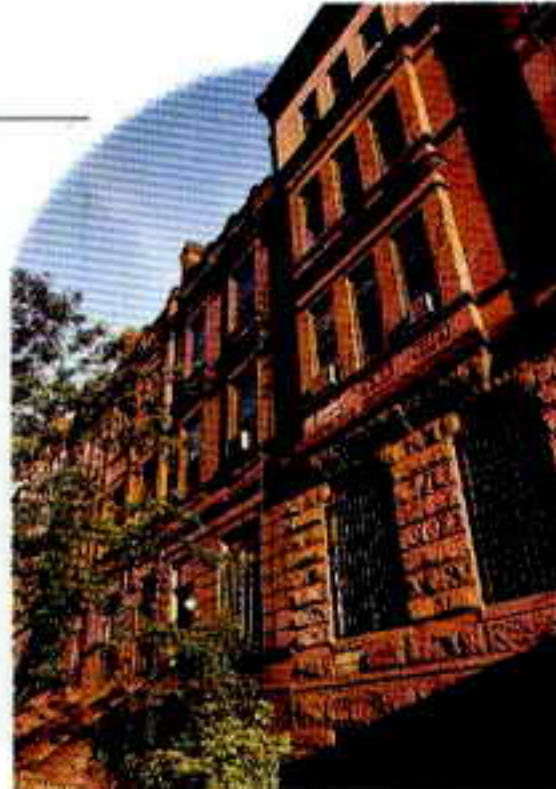
تَحْوِي مِيَاءُ البَحْرِ مَعَادِنَ مُذَابَةً، فإِذَا عَزَلَ جُزءٌ من البَحْرِ وَجَفَّ تَتَرَسَّبُ هَذِهِ المَعَادِنُ طَبَقَةً فِي القَاعِ. فَالمِلْحُ الصَّخْرِيُّ وَبَعْضُ أنواعِ الحَجَرِ الكِلْسِيِّ هِيَ صَخُورٌ رُسُوبِيَّةٌ كِيمَاوِيَّةٌ نَمُودَجِيَّةٌ.

تَكُونُ الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ

الْعَمَلِيَّةُ الَّتِي تَتَحَوَّلُ بِهَا الرُّسَابَاتُ السَّائِبَةُ فِي قِيَعَانِ البَحَارِ وَالْأَنْهَارِ إِلَى صَخُورٍ رُسُوبِيَّةٍ صُلْدَةٍ تُعْرَفُ بِالصَّخْرِ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ عَلَى مَرَحَلَتَيْنِ: فِي الْأَوَّلَى، تُضَغَطُ الرُّسَابَةُ بِفِعْلِ الطَّبَقَاتِ الْمُتْرَاكِمَةِ الْمُتَزَايِدَةِ فَوْقَهَا، فَتُظَرَّدُ الجُيُوبُ الهَوَائِيَّةُ، وَتُرَصُّ جُسَيْمَاتُ الرُّسَابَاتِ وَتَتَوَاشَجُ. فِي الْمَرَحَلَةِ الثَّانِيَةِ، تَتَرَسَّبُ مَعَادِنُ المِيَاءِ الجَوْفِيَّةِ السَّارِيَةِ عَبْرَ الصُّخُورِ - غَالِبًا الكَالْسِيَّتِ وَالسَّلِيكَا - فَتَتَرَاكُمُ فَوْقَ جُسَيْمَاتِ الرُّسَابَاتِ مُسَمِّيَةً إِيَّاهَا فِي كِتْلَةٍ مُضْمَتَةٍ جَامِدَةٍ.

حِجَارَةُ البِنَاءِ

إِنَّ مُسْتَوِيَّاتِ التَّطْبُقِ - أَيِ فَوَاصِلِ طَبَقَاتِ الصَّخْرِ الْمُتَمَيِّزَةِ - تَجْعَلُ الصُّخُورَ الرُّسُوبِيَّةَ سَهْلَةً الْإِنْفِلَاقِ وَالتَّشْكِيلِ. أَمَّا الصُّخُورُ الرُّسُوبِيَّةُ الْأَصْلَدُ وَالْأَسْمَكُ تَطْبُقًا، كَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ وَالْجَبْرِيِّ، فَتُسْتَعْمَلُ عَادَةً كَمَوَادِّ لِلْبِنَاءِ.



مَنْزِلٌ من الحَجَرِ الْأَسْمَرَ الرَّمْلِيِّ فِي نِيُويُورِك، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ.

فِي الوَقْتِ الحَاضِرِ

الرُّسَابَاتُ الَّتِي تَمَّ تَحْوِيلُهَا إِلَى صَخْرِ رُسُوبِيٍّ، قَدْ تَرْتَفَعُ بِالتَّحَرُّكَاتِ الْأَرْضِيَّةِ إِلَى السَّطْحِ وَتَتَعَرَّضُ لِلتَّحَاتِ. فَالصُّخُورُ الْأَصْلَدُ، كَالْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ أو الكِلْسِيِّ، قَدْ تَقَاوَمَ التَّحَاتُ، فِيمَا الصُّخُورُ الْأَقْلُ صِلَادَةً، كَالطُّفْلِ، قَدْ تَتَأَكَّلُ بِسُرْعَةٍ، مُشْكَلَةً مُنْبَسَطًا أَرْضِيًّا مُتَدَرِّجًا، وَهَذِهِ الْعَمَلِيَّةُ مُسْتَمِرَّةٌ الْحُدُوثِ حَالِيًا.

لِمَزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْبُلُورَات ص ٣٠
نُشُوءُ الجِبَالِ ص ٢١٨
الصُّخُورُ وَالْمَعَادِنُ ص ٢٢١
التَّجْوِيَةُ وَالتَّحَاتُ ص ٢٣٠
الْأَنْهَارُ ص ٢٣٣

الصُّخُورُ الْمُتَحَوِّلَةُ

في صناعة الخُبزِ يُعَجَّنُ الطَّحِينُ والخَمِيرَةُ والماء معاً ثم يُخَبَزُ (يُسَوَّى) العَجِينُ في فُرْنٍ حارٍّ. وبطريقةٍ مُماثلةٍ، تُحوَّلُ الحرارةُ وضغطُ الصُّخورِ الفُوقِيَّةِ طَبِيعَةَ الصُّخورِ تحَتَها؛ وتُسمَّى هذه عمليةُ التَّحوُّلِ. هُنالكَ نوعانِ رئيسيانِ من الصُّخورِ المتحوِّلةِ، أوسَعُها انْتِشاراً الصُّخْرُ الإقْلِيميُّ الديناميُّ التَّحوُّلِ. ويَطالُ هذا النوعُ كُتلاً ومقاديرَ ضَخْمةً، ويقَعُ في قَلْبِ سَلاسلِ الجِبَالِ وفي أعماقِ قِشْرَةِ الأرضِ. ويُعرَفُ النوعُ التَّالِي بالصُّخْرِ الحَراريِّ (الْتِمَاسِيِّ) التَّحوُّلِ، ويتكوَّنُ بالحرارةِ من صَخْرٍ بُركانيٍّ مُجاوِرٍ عِنْدَ تَمَاسٍ الصُّخْرَيْنِ؛ ولا يَطالُ هذا التَّحوُّلُ إِلَّا كُتلاً ومقاديرَ مَحْدُودَةً لا تَتجاوَزُ سَمَاقَتَها بِضَعِ سَنَتِيمَراتٍ.

الرُّخام

الرُّخامُ نوعٌ من الصُّخْرِ الحَراريِّ المُتحوِّلِ، ينشأُ بِتأثيرِ الحرارةِ على الحَجَرِ الجَبَرِيِّ. وهو مادَّةٌ بِناءٍ ونَحْبٍ جَذابةٌ بِفَضْلِ نَسْجَتِهِ الناعمةِ وبِيبْنَتِهِ المُتغايرةِ تَبَعاً لِمَا بِهِ من شَوائِبٍ. فمن الرُّخامِ ما هو أبيضُ كالثلجِ أو مُعَرَّقٌ بالبُنيِّ أو الأحمرِ أو الأخضرِ أو الرَّماديِّ.



رُخام

ينشأُ المِلُونيتُ، وهو صَخْرٌ مُتحوِّلٌ، من تحركاتٍ أحَدِ الضُّدوعِ.

يَتغيَّرُ تركيبُ الصُّخورِ بالتَّحوُّلِ المعدنيِّ. ويَنْتُجُ هذا التَّحوُّلُ بِفعلِ الموائعِ الحارَّةِ المُتَنقِّلةِ من أُنْدَسَاسِ بُركانيٍّ.



الْأُنْدَسَاسُ

البُركانيُّ يُوفِّرُ الحرارةَ لِلتَّحوُّلِ الحَراريِّ.

طَبَقَةٌ رَقيقةٌ هالِيَّةٌ من الصُّخْرِ الحَراريِّ المُتحوِّلِ حَوْلَ الْأُنْدَسَاسِ.

نِطاقٌ من الضُّغطِ والحرارةِ الأعظَمينِ في جُذورِ الجِبَالِ.

تَكُونُ الصُّخُورِ الْمُتَحَوِّلَةِ

الضُّغطُ والحرارةُ في أعماقِ الأرضِ يَهْضِرَانِ الصُّخورَ الرُّسُوبِيَّةَ والبُركانيَّةَ المُتواجِدَةَ وَيُشَوِّيانِها لِتَكُونُ الصُّخورَ المُتَحَوِّلَةَ. ويُغيَّرُ هذانِ العَاملانِ مُحتَوَى الصُّخْرِ المعدنيِّ بِصورةٍ كاملةٍ أحياناً كما هي الحالُ في النَّائِسِ، الصُّخْرِ المُتحوِّلِ العَالي الرُّتَبَةِ. وأهميَّةُ هذا التَّحوُّلِ هي في تَغْيِيرِ التركيبِ المعدنيِّ لِلصُّخْرِ في الحالةِ الجامدةِ. فلو أنْصَهَرَ الصُّخْرُ فَقَطْ ثُمَّ تَصَلَّبَ ثَانِيَةً لَطَلَّ صَخْرًا بُركانيًّا. والصُّخْرُ الإقْلِيميُّ المُتحوِّلُ لا يَنكَشِفُ إِلَّا بَعْدَ مَلايينِ السَّنينِ من التَّحَاتِ.

أَرْدُواز

التَّحوُّلُ الضَّئِيلُ يُكَسِبُ بعضَ المعادنِ تَبَلُّورًا جُزْئِيًّا فَقَطْ.

المعادنُ المُتحوِّلَةُ مُتراصِّفَةٌ تَبَعاً لِاتِّجاهِ الضُّغطِ.

الصُّخُورُ المُتحوِّلَةُ العميقة تُظهِرُ عَلاماتٍ أَنْضِغاطٍ، لا إجهادٍ مُوجَّهٍ.



الأَرْدُوَازُ

الأَرْدُوَازُ صَخْرٌ رَمَاديٌّ دَاكِنٌ، بَرَّاقٌ، يَتَقَلَّبُ بِسُهولةٍ إلى شِرائِحَ رَقيقةٍ، بِسَبَبِ مُحتَوَاهِ من بِلُوراتِ المِيكَا المُسطَّحةِ المُتَشَكِّلةِ فيه بالتَّحوُّلِ. وهو صَخْرٌ إقْلِيميُّ مُتحوِّلٌ خَفِيفُ الرُّتَبَةِ، يَتكوَّنُ من تَحوُّلِ صَخْرِ دَقِيقِ الحَبِيباتِ كَالْقَنْطَلِ.

الشَّسْتُ

الشَّسْتُ صَخْرٌ إقْلِيميُّ مُتحوِّلٌ عَالي الرُّتَبَةِ مُتَعَدِّدُ الأنواعِ ومَعادِنُ الشَّسْتِ وَرَقِيَّةٌ أو مُوازيَّةُ التَّرتيبِ كَامِلَةٌ التَّحوُّلِ.

شِسْت



تَتألَّفُ القِشْرَةُ القَارِيَّةُ النَّحْبِيَّةُ من صُّخورٍ إقْلِيميَّةٍ مُتحوِّلَةٍ عَاليةِ الرُّتَبَةِ.

نَائِس



النَّائِسُ

النَّائِسُ أَعلى رُتَبِ الصُّخورِ الإقْلِيميَّةِ المُتحوِّلَةِ، تَنفَصِلُ مَعادِنُهُ في نُظُجٍ مُتَمَيِّزَةٍ. يَتصدَّعُ النَّائِسُ في كُلِّ الاتِّجاهاتِ، إِلَّا عَلى أَمْتِدَادِ النُّظُجِ، كما هي الحالُ في الشَّسْتِ والأَرْدُوَازِ.

اسْتِعمالاتُ الأَرْدُوَازِ

اسْتِخدامُ الأَرْدُوَازِ كَمادَّةٍ تَسْقِيفٍ أو كَسَطْحٍ أَمْلَسٍ لِلسُّبُوراتِ أَنْخَفَضَ بِمُنافَسَةِ المَوادِّ الحَدِيثَةِ. مِيزَةُ الأَرْدُوَازِ المُهمَّةُ هي سُهولةُ التَّفَلُّقِ، وَذلكَ بِفَضْلِ بِلُوراتِهِ المِيكَاويَّةِ المُسطَّحةِ.



سَقْفُ مَنزِلٍ من الأَرْدُوَازِ بِبَريطانيا.

لَمزيد من المعلومات انظر

- تَغْيِراتُ الحالةِ ص ٢٠
- نُشوءُ الجِبَالِ ص ٢١٨
- الصُّخورُ البُركانيَّةُ ص ٢٢٢
- الصُّخورُ الرُّسُوبِيَّةُ ص ٢٢٣
- التَّجوُّيَّةُ والتَّحَاتُ ص ٢٣٠
- حَقائِقُ ومَعلُوماتُ ص ٤١٥

الأحافير

آثار أقدم

أحفورة الأثر لا تحوي أجزاء من الكائن الأصلي، إنما هي بقايا آثار تدل عليه. وقد تشمل هذه الأحافير دعة ديناصور كالتى تراها في الصورة المقابلة، وهي وجدت في صخر رملي في كونيتكت، بالولايات المتحدة. كذلك يُعتبر الروث القديم المحفوظ ضرباً من الأحافير يدعو علماء الجيولوجية نجواً مُتَحَجِّراً (كوبيروليت).



الخشرة المحتبسة في صمغ الشجر تُحفظ بكاملها عندما يتحول الصمغ إلى كهزمان.



أنواع الأحافير

هنالك أنواع عديدة من الأحافير المحفوظة، ونادراً ما يوجد الحيوان أو النبات بكامله. وغالباً ما يكون الهيكل الصلب منه هو المُتَبَقَّى - وفي هذه الحال كثيراً ما تكون المعادن قد حلت فيه محل المادة الأصلية. أما إذا كانت المادة العضوية قد تعفنت وأندثرت بكاملها، فيبقى فقط تحويف أحفوري يُشكل الأصل المُتَدَثِّر.

ماري أنغ

ماري أنغ (١٧٩٩-١٨٤٧)، من دُورست بجنوبي انكلترا، كانت شديدة الاهتمام بالأحافير؛ وأصبحت إحدى أشهر جامعي الأحافير المُحترفين الأوائل. وهي مع شقيقها جوزيف، كصبيين، عثرا على أول هيكل عظمي كامل لـزاحف سباح يُدعى الزاحف السمكي (الإيكثيوسورس).



الحيوانات الأحفورية (المتحجرة) التي تطورت بسرعة، وانتشرت في مناطق واسعة من العالم، هي الأكثر نفعاً في تأريخ الصخور. والامونيت، وهو أحفورة حيوان أخطبوطي الشكل في صدفة حلزونية، مثل جيد على تلك الكائنات.

يساعد الامونيت في تأريخ الصخور.



مجموعة امونيت في حجر طباشيري أحمر

التأريخ الأحفوري

الأحافير تساعد في تأريخ الصخور. فإذا حوى الصخر أحفورة حيوان، نعرف أنه عاش خلال عصر معين، عندئذ يمكننا تأريخ الصخر منذ ذلك العصر. وإذا وجدت في ذلك الصخر أحافير عديدة معروفة التواريخ، يصبح التأريخ أكثر دقة؛ ذلك لأن الصخر يكون قد تكون وتراكب أثناء تعاقب تلك العصور.

الرَّهْرَةُ المَكْبُوسَةُ بين طَيَّاتِ كِتَابٍ ثَقِيلٍ، أو في مَكْبَسِ أَزْهَارٍ يُمكنُ حِفْظُهَا لِعِدَّةِ سَنَوَاتٍ. كذلك تَعْمَلُ الصُّخُورُ على حِفْظِ النَبَاتَاتِ والْحَيَوَانَاتِ كَأَحَافِيرٍ. والأَحْفُورَةُ هي بَقَايَا كَائِنٍ عَاشَ في زَمَنٍ غَابِرٍ، حُفِظَتْ في الصَّخْرِ؛ وقد تَكُونُ جِسمًا بكَامِلِهِ، أو عَظْمَةً وَاحِدَةً، أو مُجَرَّدَ آثَارٍ أَقْدَامٍ. تَرَوِي لَنَا الأَحَافِيرُ قِصَّةَ الحَيَاةِ في العُصُورِ الغَابِرَةِ، كما تُسَاعِدُنَا في تَأْرِخِ الصُّخُورِ والْبَيِّنَاتِ القَدِيمَةِ. ففِيهَا نَتَبَيَّنُ مَسَارَاتِ المَامُوثَاتِ (الفِيلَةِ المُنْقَرِضَةِ) في قِفَارِ التَّنْدرَا في العَصْرِ الجَلِيدِيّ مِنْذُ بَضْعَةِ مَلايِينَ سَنَةٍ، والدينصورات التي سادت



العَالَمَ قَبْلَ ذَلِكَ بَعَشْرَاتِ مَلايِينَ السَّنِينَ. كما تُبَيِّنُ أَنَّ جَمِيعَ أَشْكَالِ الحَيَاةِ قَبْلَ ذَلِكَ بِأَزْمَانٍ كَانَتْ فِي البَحْرِ. إِنَّ كَثْرَةَ مِنْ تِلْكَ الكَائِنَاتِ حُفِظَتْ بِقَايَاهَا فِي الأَرْضِ كَأَحَافِيرٍ.

قد تَنَحَّلُ أَوْرَاقُ النَبَاتِ في الطُّفْلِ تَارِكَةً فِيلْمًا رَقِيقًا مِنَ الكَرْبُونِ بِشَكْلِ الوَرَقَةِ الأَصْلِيِّ. وَإِذَا مَا حَدَثَ هَذَا لِغَابَاتٍ بِكَامِلِهَا، فَالنَّاتِجُ هُوَ فَحْمٌ حَجَرِيّ.

إِنْجَالُ البَقَايَا الأَصْلِيَّةِ بِكَامِلِهَا، قد يَتَرَكُ نَجْوِيًّا فِي الصَّخْرِ يُدْعَى قَالْبًا. فَإِذَا أَمْتَلَا القَالِبُ بِالْمَعَادِنِ لِاحِقًا، فَإِنَّهُ يُنْتِجُ أَحْفُورَةً تُدْعَى صُبَّةً أو مَصْبُوبَةً.



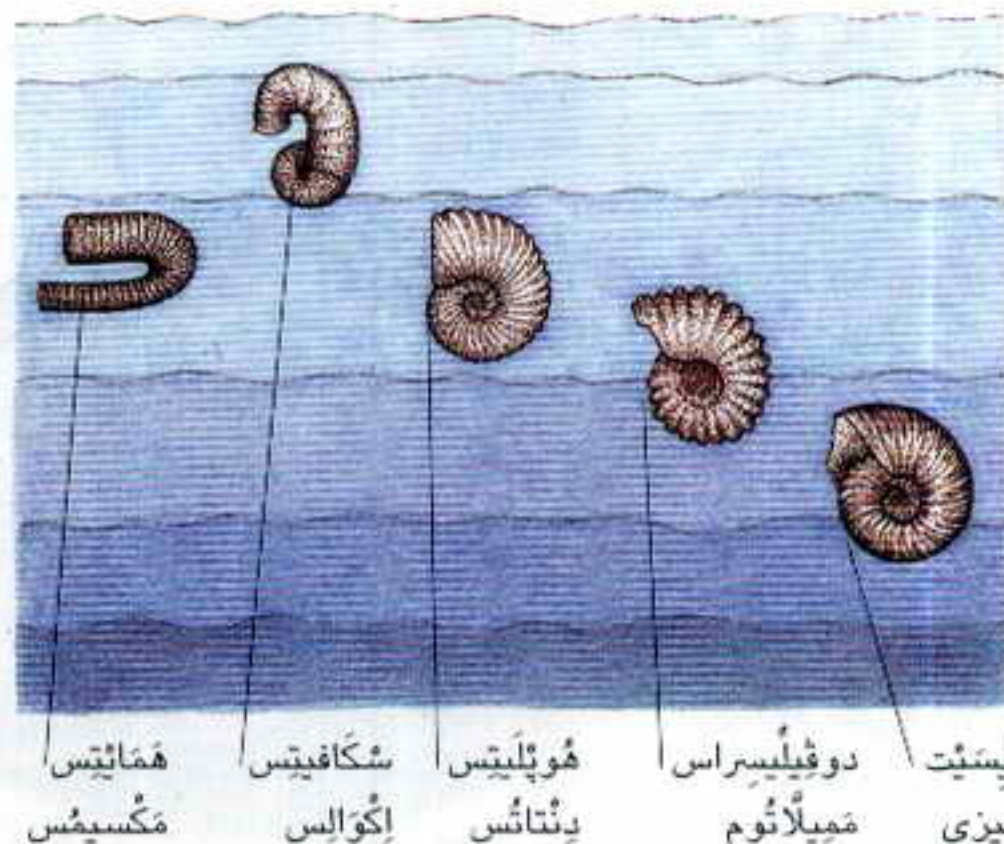
قَلَمًا تَتَوَاجَدُ الأَحَافِيرُ مُسْتَقَلَّةً بِنَفْسِهَا. فغالبًا مَا يُحْفَظُ العَدِيدُ مِنْهَا فِي جَمِيعَاتٍ. وَهَذِهِ الجَمِيعَاتُ الأَحْفُورِيَّةُ تُعْطِينَا فِكْرَةً عَنِ البَيِّنَاتِ القَدِيمَةِ وَعَنِ طُرُقِ عَيْشِهَا وَوَسَائِلِ مَعِيشَتِهَا فِي تِلْكَ الظُرُوفِ.

بِرَّ سِيفِي النَّابِئِ

عندما يوجَدُ هَيْكَلٌ عَظْمِيّ مَحْفُوظًا بِالكَامِلِ، فَقَدْ يَرُكَّبُ وَيُسَنَّدُ فِي مُنْحَفٍ وَيُغْرَضُ لِلْعُمُومِ. مِثَالُ ذَلِكَ هَذَا الهَيْكَلُ العَظْمِيّ الأَحْفُورِيّ لِبِرِّ سِيفِي النَّابِئِ وَجَدَ فِي حُفْرِ القَارِ فِي لُوسْ أَنْجَلُوسْ، كاليفورنيا، بِالْوَلَايَاتِ المُتَّحِدَةِ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الصخور الرسوبية ص ٢٢٣
- الصخور سجلات جيولوجية ص ٢٢٦
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٥



الصُّخُورُ سِجَلَاتٌ جِئُولُوجِيَّة

الصُّخُورُ التي نُشَاهِدُهَا حَوْلَنَا اليومَ زَاخِرَةٌ بِأَحْفِيرٍ دَلَالِيَّةٍ مِنَ الْمَاضِي تُسَجِّلُ الْكَثِيرَ مِنْ تَارِيخِ الْأَرْضِ، كَأَنَّهَا صَفْحَاتٌ فِي كِتَابٍ. وَلَمَّا كَانَتْ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ الرَّسُوبِيِّ قَدْ تَرَسَّبَتْ، عَلَى الزَّمَنِ، بَعْضُهَا فَوْقَ بَعْضٍ، فَإِنَّ الطَّبَقَاتِ السُّفْلَى هِيَ بِالطَّعْنِ الْأَقْدَمُ عَهْدًا. وَالجِئُولُوجِيُّ الْخَبِيرُ، بِتَحْرِيهِ هَذِهِ الطَّبَقَاتِ بِالذَّرْسِ الدَّقِيقِ، تَبَيَّنَ لَهُ الظُّرُوفُ الْحَيَاتِيَّةُ وَالْبَيْئَةُ الَّتِي تَرَسَّبَتْ فِيهَا كُلُّ طَبَقَةٍ. فَتَرَكِبُ الصُّخْرَ وَبِنْيَتَهُ وَمُحْتَوَاهُ الْأَحْفُورِيُّ تَرْسُمُ، بِمَجْمُوعِهَا، صُورَةً لِبَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ فِي الْمَاضِي السَّحِيقِ. إِنَّ دِرَاسَةَ الصُّخُورِ هَذِهِ تُدْعَى عِلْمَ وَصْفِ طَبَقَاتِ الْأَرْضِ، أَوْ الْجِئُولُوجِيَّةِ التَّارِيخِيَّةِ.



لا تَوَافُقُ طَبَقِيٌّ، فِي صَخُورِ الْأَخْدُودِ الْعَظِيمِ (الْغِرَانْدِ كَانْيُون) فِي أَرِيْزُونَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

لا تَوَافُقُ (طَبَقِيٌّ)

إِنَّ أَيْ أَنْقِطَاعٍ فِي تَوَالِيِ الطَّبَقِ الصُّخْرِيِّ يُدْعَى لَا تَوَافُقًا. وَهُوَ يَحْدُثُ عِنْدَمَا تُرْفَعُ طَبَقَةٌ صَخْرِيَّةٌ لِتَكُونُ سِلْسَلَةً جَبَلِيَّةً، ثُمَّ تُصْبِحُ بِالْحَتِّ وَالتَّجْوِيَةِ سَطْحًا مُسْتَوِيًا يَغْمُرُهُ الْبَحْرُ، وَتَرَسَّبُ فَوْقَهُ طَبَقَاتٌ صَخْرِيَّةٌ. وَهَذَا يُحْدِثُ ثَغْرَةً فِي سِجَلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

تَعَاقُبُ الصُّخُورِ

يُسْتَبْطَنُ تَارِيخُ مِثْلَةِ مَا مِنْ تَوَالِيِ صَخُورِهَا وَتَعَاقُبِهَا. فَإِذَا لَمْ يَغْتَرِ عَمُودُ الصُّخُورِ أَيْ أَضْطَرَابُ، تَكُونُ طَبَقَاتُ الصُّخْرِ السُّفْلَى، حَتْمًا، هِيَ الْأَقْدَمُ وَالطَّبَقَاتُ الْأَعْلَى هِيَ الْأَحْدَثُ عَهْدًا - وَهَذَا هُوَ مَبْدَأُ التَّضَايُفِ التَّارِكِيِّ. وَهَكَذَا، فَإِنَّ طَبَقَاتِ الصُّخْرِ تُمَثِّلُ عُصُورًا تَعَاقَبَتْ وَاجْدَها بَعْدَ الْآخِرِ. وَهَذَا النَّمُودُجُ يَحْكِي قِصَّةَ بَحْرِ ضَحْلٍ غَمَرَتْهُ دِلْنَا نَهْرٌ بِالرَّمْلِ ثُمَّ غَدَا فِي النِّهَايَةِ صَحْرَاءَ.

اِكْتِشَافَات

١٦٥٠ المَطْرَانُ أَشْرَ مِنْ أَيْرْلَنْدَا يُحَدِّدُ الْعَامَ ٤٠٠٤ ق.م. تَارِيخًا لِخَلْقِ الْأَرْضِ.
١٦٦٩ عَالِمُ الْمَعَادِنِ الْهُولَنْدِيُّ نَقُولَاوَسْ سِتِنُو، يَلْحَظُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ فِي الْبَحْرِ وَأَنَّ سَطْحَ الْبَحْرِ، بِالتَّالِيِ، يَتَغَيَّرُ دَوْمًا.
١٧٨٨ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْأِسْكُوتَلَنْدِيُّ، جِيمْسْ هَتُونُ، يَقَرَّرُ أَنَّ الصُّخُورَ الرَّسُوبِيَّةَ تَكُونَتْ بِالتَّحَاتِ وَالتَّرَسُّبِ.
١٨٣٠-١٨٣٣ الْعَالِمُ الْجِئُولُوجِيُّ الْبَرِيطَانِيُّ، النِّسِرْ شَارْلْ لَابِلْ، يَنْشُرُ كِتَابَهُ «مَبَادِي الْجِئُولُوجِيَّةِ»، يَقُولُ فِيهِ إِنَّ الْعَوَامِلَ الْمُؤَثِّرَةَ فِي سَطْحِ الْأَرْضِ حَالِيًا لَمْ تَنْقُطْ طَوَالَ جَمِيعِ مَرَاكِلِ تَارِيخِ الْأَرْضِ.

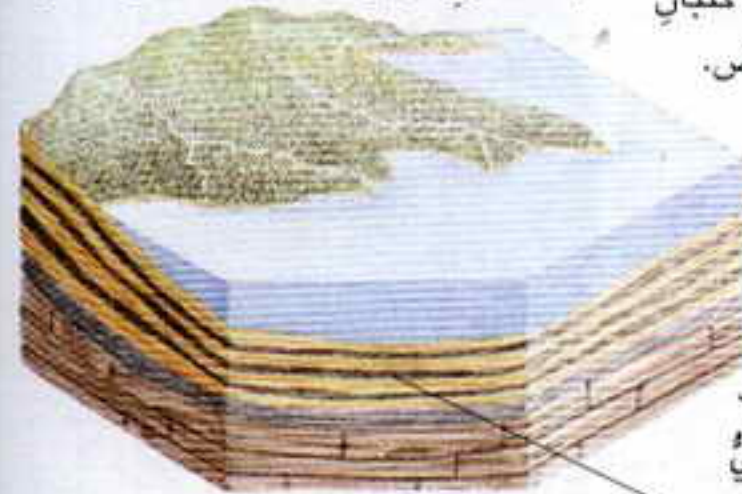
الْعَلَامَاتُ النَّيَّارِيَّةُ

التَّطَبُّقُ الْمُتَمَعِّجُ (الْمَعْرُوفُ بِالْعَلَامَاتِ النَّيَّارِيَّةِ) فِي طَبَقَةٍ مِنَ الْحَجَرِ الرَّمْلِيِّ، يُبَيِّنُ أَنَّ الرَّمْلَ قَدْ تَرَسَّبَ فِي نَهْرٍ، وَأَنَّ نِيَّارَ النَّهْرِ الْمُتَغَيَّرُ كَوْنُ «الْأَلْسِنَةِ» الرَّمْلِيَّةِ الْبَاقِيَةِ.
عَلَامَاتُ نِيَّارِيَّةٍ وَاسِعَةٍ النُّطَاقِ فِي صَخُورِ وِيلْدَنِ الرَّمْلِيَّةِ فِي سَاسِكْسْ، بِإِنْكَلْتَرَا.



الْبَيْئَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ

فِي الصَّحْرَاءِ، تَسْفِي الرِّيحُ الرَّمْلَ مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ لِيَسْتَقَرَّ مُوقِفًا فِي كُتْبَانٍ رَمْلِيَّةٍ. وَتَسْجُجُ قُرُونُ حَبِيبَاتِ الرَّمْلِ بِالاحتِكَاكِ فَيَتَجَدَّدُ مُحْتَوَاهَا مِنَ الْحَدِيدِ بِأَكْسِجِينِ الْهَوَاءِ فَتَشْوِبُهَا خُمْرَةٌ مُمَيَّزَةٌ.



بَيْئَةُ دِلْنَاوِيَّةُ

فِي الدِّلْنَا، تَجَلِبُّ رَوَافِدُ النَّهْرِ الرَّمْلَ إِلَى الْبَحْرِ، فَيُعْطِي قُرَارَاتِ الْبَحْرِ الْمُوجِلَّةَ وَيَكُونُ جُزْرًا تَنْمُو فَوْقَهَا النَّبَاتَاتُ. لَكِنْ هَذِهِ الْجُزُرُ هِيَ جُزُرٌ مُوقِفَةٌ لِأَنَّ غَالِبًا مَا يَغْمُرُهَا الْبَحْرُ لَا جَفَاً.



عِظَامُ دِينُوصُورٍ وَجِدَتْ فِي يُوتَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ الْأَمْرِيكِيَّةِ.



الْأَحْفِيرُ فِي الصُّخُورِ

بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ لَا يَسْتَطِيعُ الْعَيْشُ إِلَّا فِي أَحْوَالٍ بَيْئَةٍ مُعَيَّنَةٍ. إِنَّ وُجُودَ مِثْلِ هَذِهِ الْأَحْفِيرِ فِي طَبَقَةٍ صَخْرِيَّةٍ يُبَيِّنُ عُلَمَاءَ الْجِئُولُوجِيَّةِ عَنِ الظُّرُوفِ الَّتِي تَكُونُ فِيهَا ذَلِكَ الصُّخْرُ.

عِنْدَمَا تَمُوتُ الْحَيَوَانَاتُ الصَّدْفِيَّةُ الْبَحْرِيَّةُ تَتَجَمَّعُ أَصْدَافُهَا عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ (إِذَا لَمْ يَكُنْ هُنَاكَ تِيَّارَاتٌ قَوِيَّةٌ تَجَرُّفُهَا بَعِيدًا).
كَرْبُونَاتُ الْكَالْسِيُومِ الْمَذَابَةُ فِي الْمَاءِ، تَتَرَسَّبُ كَقَرَارَةٍ مِنَ الْبُلُورَاتِ الْبَيْضِ الدَّقِيقَةِ عَلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

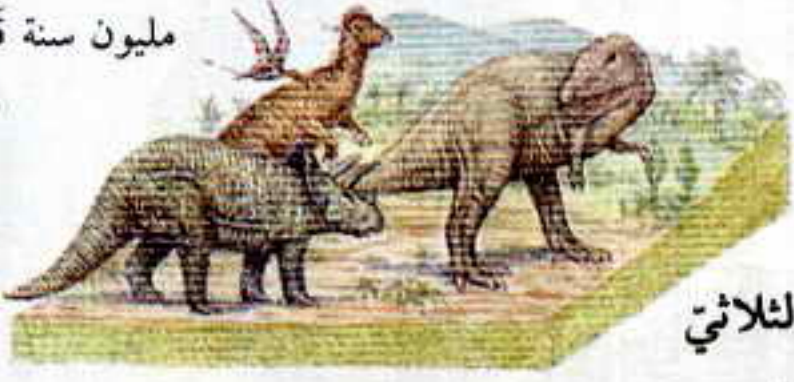


جيمس هثن

كان الاسكتلندي، جيمس هثن (١٧٩٧-١٧٢٦) مؤرخاً جيولوجياً قذا. فقد نشر في العام ١٧٩٥، كتاباً بعنوان «نظرية في علم الأرض» بين فيه أن معالم الأرض تطورت وتطور على مدى العديد من السنين بفعل تغيرات لا تزال فاعلة في الوقت الحاضر. كما أرتأى أن ليس هناك علامات تدل على بداية الأرض، ولا دلائل مستقبلية على نهايتها.

العصر الطباشيري

استمرَّ العصر الطباشيري من ١٤٦ مليون إلى ٦٥ مليون سنة قبل العصر الحاضر، نشطت في الأرض خلاله الزواحف الضخمة؛ وفيه انفصلت معظم القارات الحديثة عن كتلة اليابسة الأم (الپانجيا) وغمرت الكثير منها بحار طباشيرية ضخمة.



العصران الثلاثي والجوراسي

امتدَّ العصران الثلاثي والجوراسي من ٢٥٠ مليون إلى ١٤٦ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وكانت الزواحف قد أخذت بالتطور على الأرض، كما بدأت أم القارات بالتفكك وتراجعت الصحارى لتحل محلها الغابات والمستنقعات.



العصران الكربوني والبرمي

امتدَّ هذان العصران من ٣٦٣ مليون إلى ٢٥٠ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيهما تمَّ تجمع القارات لتأليف كتلة اليابسة الكبرى (الپانجيا أو أم القارات)؛ ونمت الغابات (التي كوّنت الفحم الحالي) في الدلتاوات حول ما تكون من جبال وصحارى.



العصر الديفوني

دامَّ العصر الديفوني من ٤٠٩ ملايين إلى ٣٦٣ مليون سنة قبل العصر الحاضر. وفيه بدأت القارات بالتحرك بعضها نحو بعض، وظهرت حيوانات اليابسة الأولى كالحشرات والبرمائيات؛ كما زخرت البحار بالأسماك.



العصران الأردوفيسي والسيلوري

امتدَّ هذان العصران من ٥١٠ ملايين إلى ٤٠٩ ملايين سنة قبل العصر الحاضر. وفي ذلك الزمن، ازدهرت الحياة البحرية وظهرت الأسماك الأولى؛ كما أخذت نباتات اليابسة الأولى تنمو حول الشواطئ ومصبات الأنهار.



العصر الكمبري

امتدَّ العصر الكمبري من ٥٧٠ مليون إلى ٥١٠ ملايين سنة قبل الوقت الحاضر. وفيه لم تكن الحياة قد بدأت على اليابسة، لكن مختلف أنواع الحيوانات البحرية كانت متواجدة؛ والحيوانات الصلدة المحار منها هي التي كوّنت الكثير من أحافير عصرنا الحاضر.



العصر قبل الكمبري

هذا العصر هو أطول الأزمان الجيولوجية امتداداً، إذ يستغرق سبعة أثمان تاريخ الأرض حتى ٥٧٠ مليون سنة قبل الوقت الحاضر. وهو يُقسم إلى عصرين: الأركي الباكر الذي لم تتواجد فيه حياة، وعصر طلائع الأحياء حيث بدأت بعض أشكال الحياة بالظهور.

العصر الرابع

الزمن، منذ ١,٦٤ مليون سنة حتى الوقت الحاضر، يدعى العصر الرابع - وخلالَه حدث العصر الجليدي وتطور الإنسان (أنظر الرسم المقابل).



العصر الثالث

الزمن الممتد من ٦٥ مليون حتى ١,٦٤ مليون سنة خلت، يدعى العصر الثالث. وخلالَه ظهرت اللبونات (الثدييات) والطيور لتحل محل الدينصورات والزواحف الضخمة الأخرى التي انقرضت أو كادت. كما تراجعت الغابات لتحل محلها الشهب العُشبية وأصبح المناخ أبرد.

الأزمنة الجيولوجية

يمكن توقيت الأحداث في تاريخ الأرض بإحدى طريقتين. الطريقة الأولى والفضلى هي التأريخ المقارن، حيث يؤقَّت الحدث قبل أو بعد حدث آخر. أما الطريقة الأخرى فهي التأريخ المطلق حيث تُعطى الأحداث تواريخ فعلية مُحَدَّدة. لكنَّ التأريخ المطلق عسير جداً؛ إذ إنَّ جدول الأزمنة المُحدَّدة هكذا قد يتغير مع كلَّ بَيِّنَةٍ جديدة تُكتشف.

عمود جيولوجي

كما نُورِّخ تاريخ البشر بِتسمية العصور بأسماء أحداث مشهورة فيها، كالعصر قبل كولمبوس، كذلك نُقسِّم الزمن الجيولوجي إلى عصور تبعاً لنوع الحياة السائدة في تلك العصور. وتُجمَع هذه العصور معاً في حُقُب جيولوجية.

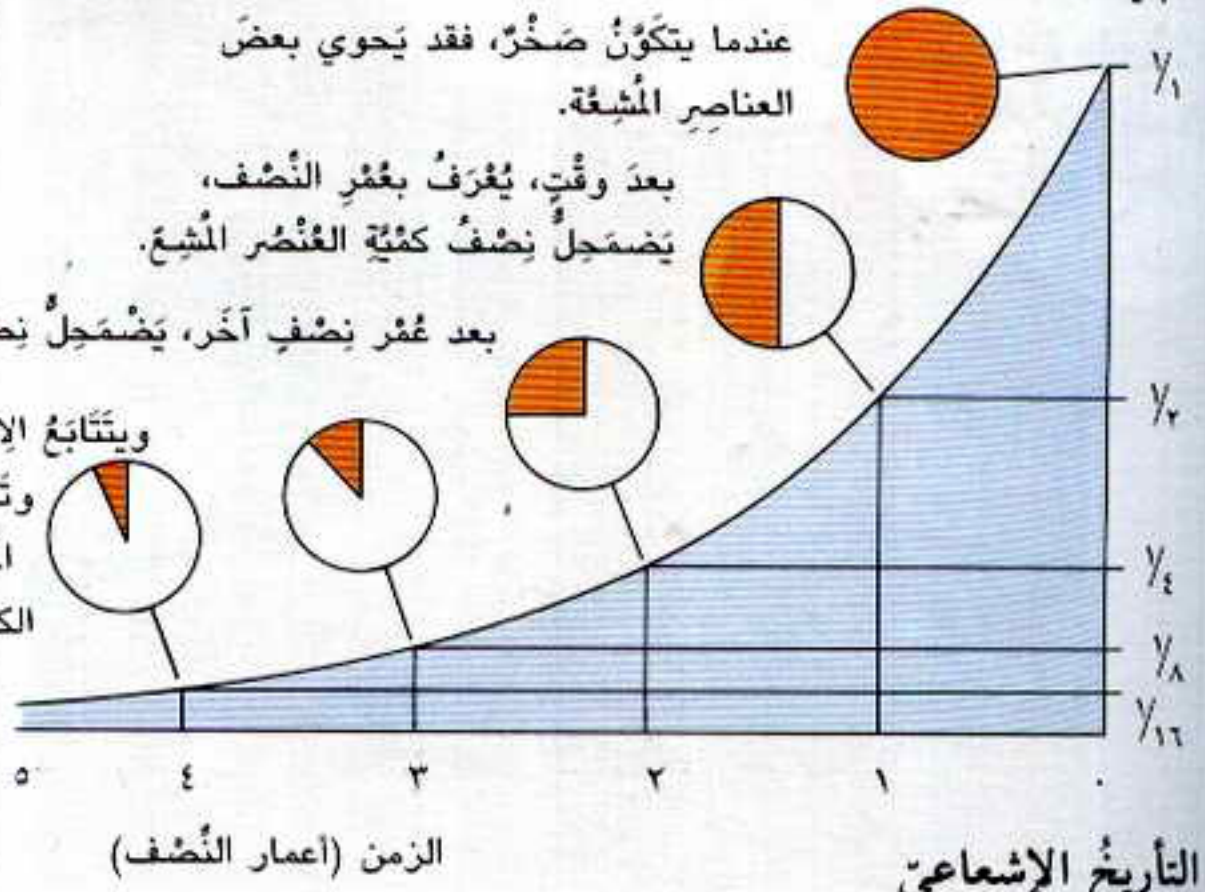


عندما يتكوَّن صخر، فقد يحوي بعض العناصر المشعة.

بعد وقت، يُغرَفُ بغمر النصف، يُضمَّجِلُ نصف كميَّة العنصر المشع.

بعد عُشر نصف آخر، يُضمَّجِلُ نصف الباقي.

ويتتابع الإضمحلال على هذا المُنوال وتتناقص نسبياً كميَّة العنصر المشع المتبقية في الصخر. وبقياس تلك الكميَّة يُمكن احتساب عُمر الصخر.



التأريخ الإشعاعي

في معظم الصخور توجد كميَّة ضئيلة من العناصر المشعة؛ ومع مرور الزمن، تتفكك هذه إلى عناصر أكثر استقراراً. ولما كان العلماء يعرفون مُعدَّل تفكُّكها بالضبط، فإنه يُمكن احتساب عُمر الصخر من نسبة العناصر المشعة المتبقية التي يحتويها. فكلما تضاءلت كميَّة تلك العناصر، يكون الصخر أعتق؛ وهذا نوع من أنواع التأريخ المطلق.



لمزيد من المعلومات انظر

- النشاط الإشعاعي (الفاعلية الإشعاعية) ص ٢٦
- بنية الأرض ص ٢١٢
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الأحافير ص ٢٢٥
- التجوية والتحات ص ٢٣٠

الجليد والمثلج

إذا كَبَسَتْ قَبْضَةٌ من الثلج فإنها تتماسك وتصلب - ذلك لأن ضغط اليد يُحوّل جُسيمات الثلج إلى بلّورات جليدية. ويحدث الشيء نفسه عندما تتراكم كتل الثلج الضخمة بعضها فوق بعض، مُحَوِّلة الطبقات التَّحتِيّة، بضغطها، إلى جليد. وقد يحدث هذا في وادٍ جبليّ أو سفح تَظَلُّله سِلْسِلَةٌ جبليّة، حيث يتراكم الثلج، دون أنصهار، سنةً بعد سنة. فيكون الثلج المضغوط في التجاويف كتلاً جليدية، تتحرّك ببطءٍ نحو السفوح الأخفض تُعرفُ بالمثلج. وفي القارّات الباردة، يتراكم الجليد مُكوّنًا قَلائِسَ جليدية ضخمة.



بحيرة على ارتفاع ١٨٠٠م في وادي فلكا ستودينا، دولينا، بتشيكوسلوفاكيا.

بعد المثلجة

تَبْدُلُ مِثْلَجَاتُ الأودية ضغطًا كبيرًا على قاعدة الوادي وجوانبه فتسحلّها. وعندما ينصهر الجليد لاحقًا يبدو الوادي نُونِي الشكل - عموديّ الجانبين مُسَطَّح القاع.

مثلجة وديانية

يبدأ جليد المثلجة بالتحرك مَليَسًا نظيفًا مُعْطَى بالثلج، لكنّه سرعان ما يتصدّع ويتلَطَّخ بِخَنَاتِ الصخور المُتَأَكِّل من جوانب الوادي. أمّا طرف المثلجة السفلي (أو الحَقْظَم) فيبدو أكثر أنساخًا لأن بعض الصخور الدفينة تظهر الآن على السطح. كما إنَّ الفجّاج والأنفاق التي تحفرها مياه الانصهار في الجليد، تزيد في أنساخه.

الوادي المُعَلَّقُ وادٍ جانبيّ صغير مُرتَفِع بعد أن تعمّق الوادي النوني الأكبر.

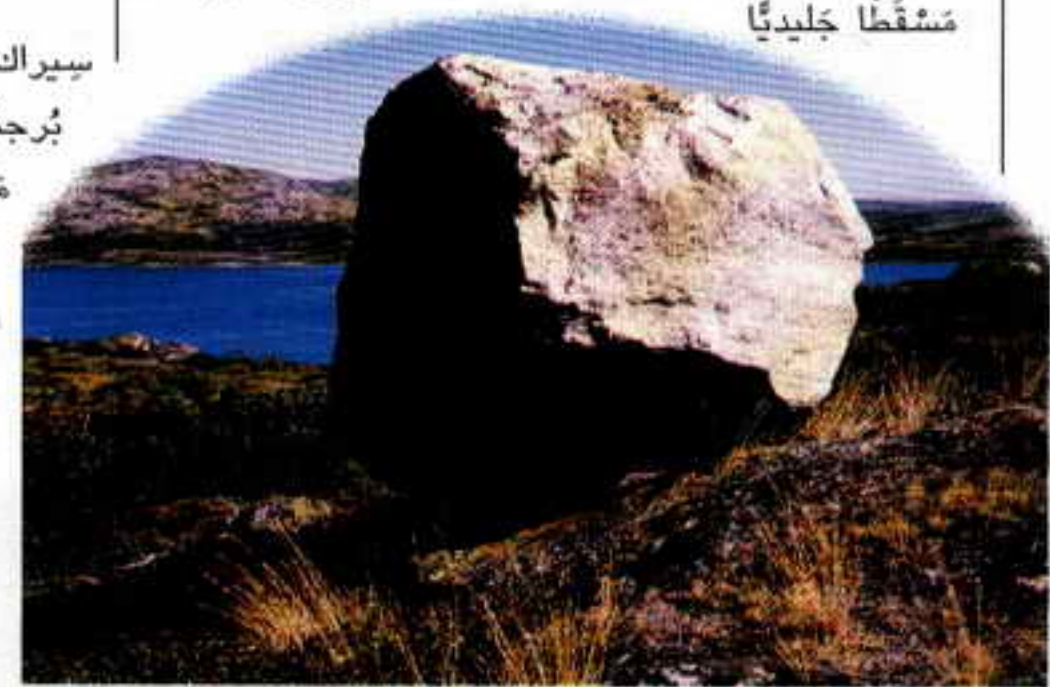
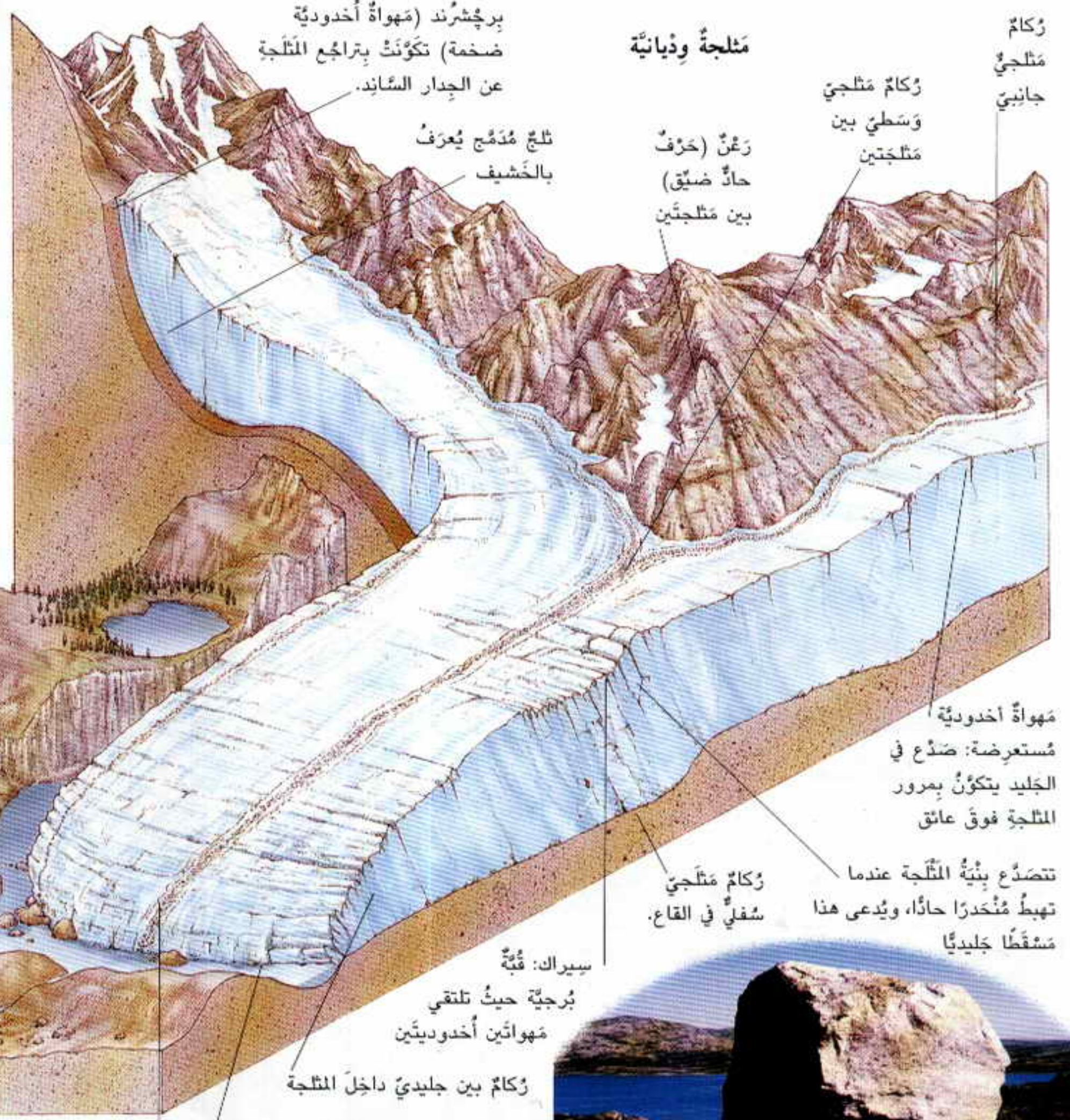
رُكَّامٌ جليديّ طرفيّ مُتَبَقُّ بعد تراجع المثلجة.

تَلْعَة: تَلٌّ يلتاوي كَوْنَتَه مياه الانصهار

المثلجة تنساب إلى البحر.

تَحْرُكَاتُ الأمواج والمدّ والجزر تُصَدِّعُ حُطَمَ المثلجة.

المثلجة "تَفْرِخُ" جبلاً جليدياً



الأنقاض الجليدية

المواد الصخرية التي تلتقيها المثلجات وتحملها معها ثم تُخَلِّفُها بالانصهار تُدعى رُكَّامًا جليدياً. وقد يحوي الرُكَّامُ كُومًا من الطين أو جلاميد ضخمة كانت قد حُمِلَتْ لِعِدَّةِ أميال. إنَّ مُعْظَمَ طَبَقَةِ الأرض في نِصْفِ الكُرَةِ الشماليّ قد تَشَكَّلَتْ من الرُكَّامِ الجليديّ التي خَلَفَتْهَا المِثْلَجَاتُ بعد العصر الجليديّ.

جبال الجليد في نِصْفِ الكُرَةِ الشماليّ

عندما تصل المثلجة إلى البحر، خاصّةً على امتداد سواحل جرينلند، يُماوِجها المدّ والجزر والأمواج صعودًا وهبوطًا؛ فتصدّع (وتتولّد) منها قِطْعٌ ضخمٌ تَطْفُو بعيدًا كجبالٍ جليديّة.

العصور الجليدية

في أزمنة معينة من تاريخ الأرض، تشد برودة المناخ ويغطى الأرض غطاء جليدي شاسع. وتعرف هذه الأزمنة بالعصور الجليدية. وقد بدأ أحدثها منذ ١,٦ مليون سنة وأنهى منذ ٢٠,٠٠٠ سنة. وكانت قد حدثت عصور جليدية أخرى سالفًا - منها أربعة في عصور ما قبل الكمبري وواحد في العصر الأردوفيسي وآخر في أواخر العصر الطباشيري وأوائل العصر البرمي.

لويس أچاسيز

كان السويسري، لويس أچاسيز، أول من أدرك حدوث عصور جليدية سالفًا. فقد لاحظ أن بعض معالم طبيعة الأرض في سويسرا قد كونتها الطبيعة الأرض شاهد معالم مماثلة في اسكتلندا حيث لا تتواجد مثال حاليًا. فاستنتج أن اسكتلندا كانت مغطاة بالجليد في زمن ما سالفًا.

لويس أچاسيز (١٨٠٧-١٨٧٣)

غطاء جليدي

في أقصى الشمال وأقصى الجنوب، تراكم المثلج فوق مناطق قارية مشكّلة أغطية، أو قلائس جليدية، تتحرك نحو الخارج لا نحو السفوح كمثالج الأودية. والغطاءان الجليديان الرئيسيان هما القلنسوة الجليدية في القطب الجنوبي والقلنسوة الجليدية في جرينلاند. وهما يؤلفان ٩٠ في المئة من مياه الأرض العذبة، علما أن الثلوج في وسط القارة ستأخذ طريقها في نهاية المطاف إلى الحافة كجليد.

جبل بارز من الغطاء الجليدي كدروية صخرية منعزلة

جبال جليدية مسطحة

صخر عار من الجليد بفعل الرياح الشائدة

زكام جليدي تحمله جبال الجليد مسافات شاسعة وتسقطه على قاع البحر

ورن الجليد الذي يورجحه المد والجزر يمتص جزءا مهما من طاقة المد والجزر العالمية.

جبال جليدية عريضة مسطحة القمم

جبال الجليد في نصف الكرة الجنوبي

جبال الجليد في المحيط الجنوبي المنصاعدة من الأرصفت الجليدية للقارة القطبية عريضة ومسطحة. وقد يبلغ طولها عدة مئات من الكيلومترات وتبقى عدة سنوات قبل أن تنصهر. وغالبًا ما يجري تباعها بالسوايل للمساعدة في تشكيل صورة عن محيطات العالم.

غطاء جليدي فسيح مستقر يزحف ببطء نحو البحر

العصر الجليدي الكربوني البرمي؛ خلاله غطت المثلج معظم نصف الكرة الجنوبي

الميسيسيبي الديفوني

البرمي

الثلاثي

مستقرة

الطباشيري

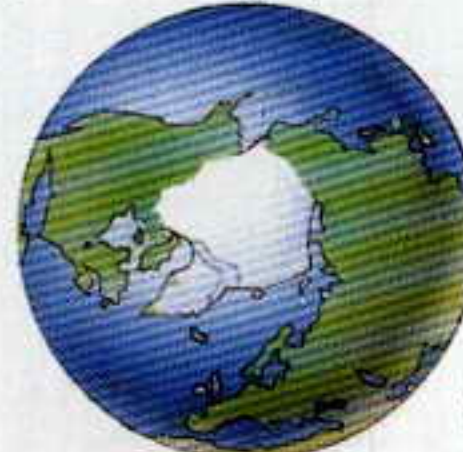
الجوراسي؛ أواسط عصر الدينصورات، مناخات لطيفة

الخطة الزمني للعصر الجليدي

الباليوسين، غابات مدارية الإيوسين (ثاني عصور حقبة الحياة الحديثة) الأوليجوسين الميوسين، شهور غشبية جافة البليوسين، مناخات تميل إلى البرودة العصر الجليدي البليستوسيني (الحديث الأقرب) الأزمنة الحديثة

العالم في الوقت الحاضر

العالم في العصر الجليدي البليستوسيني



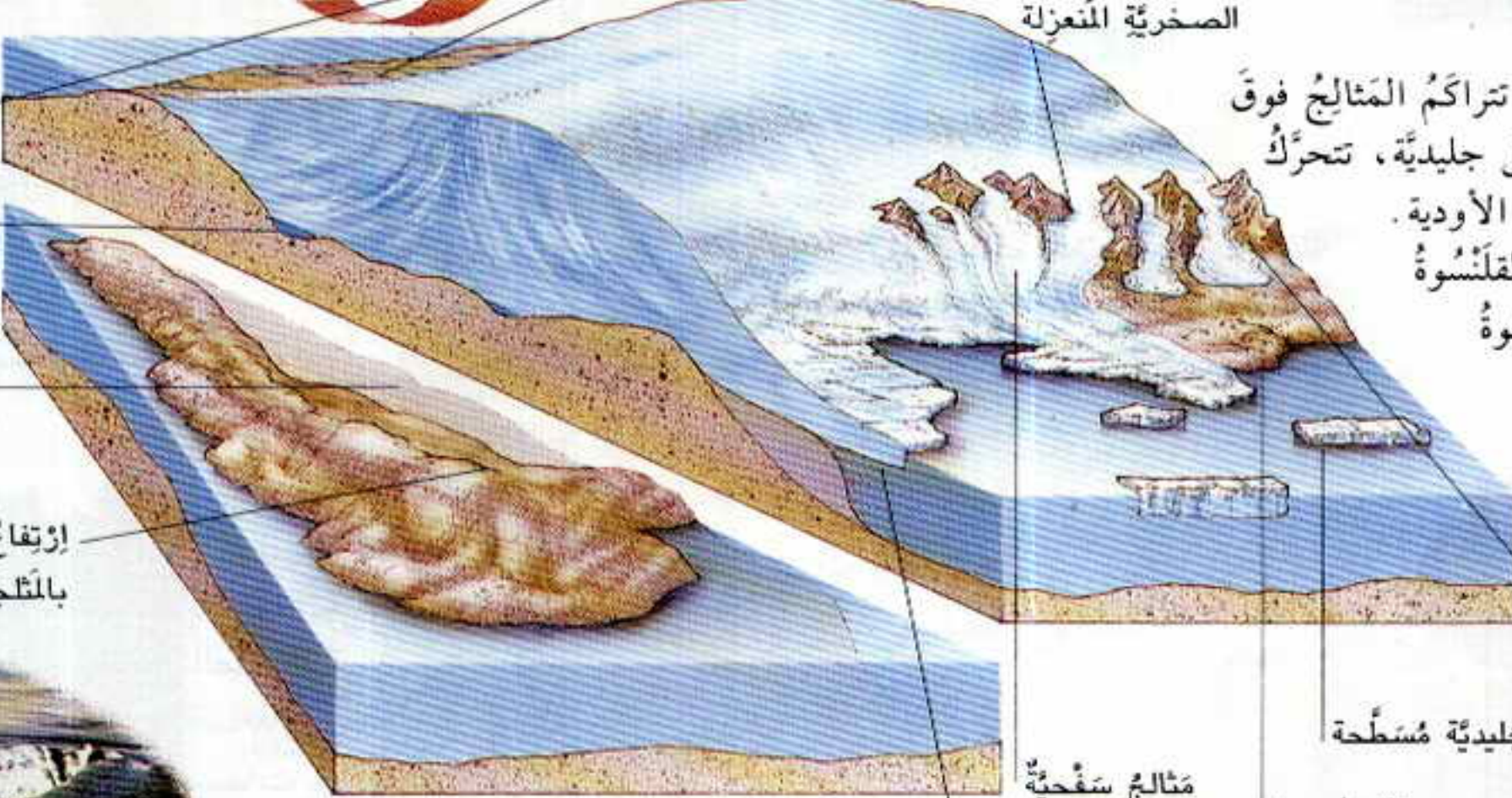
العصر الجليدي الأخير

العصر الجليدي البليستوسيني كان عديم الانتظام جدًا. فقد تقدمت خلاله المثلج ثم تراجع بعد بضعة آلاف من السنين، مفسحة المجال لحقبة بين جليدية ذات مناخ أدفأ نسبيًا من مناخ وقتنا الحاضر. وقد تكررت هذه الدورة (تقدمًا وانحسارًا) ٢٠ مرة خلال الـ ١,٦ مليون سنة من العصر الجليدي. ولعلها لما تنته، فقد نكون حاليًا في فترة بين جليدية أخرى.

قلنسوة جليدية

جداول مياه الانصهار

تتكون مثلج الأودية عند تحرك القلائس الجليدية بين الدرى الصخرية المنعزلة



اتجاه الرياح الشائدة

بحيرة مائية تكوّن بالضغط

ارتفاع الأرض بدون الثلج

ارتفاع الأرض بالثلج

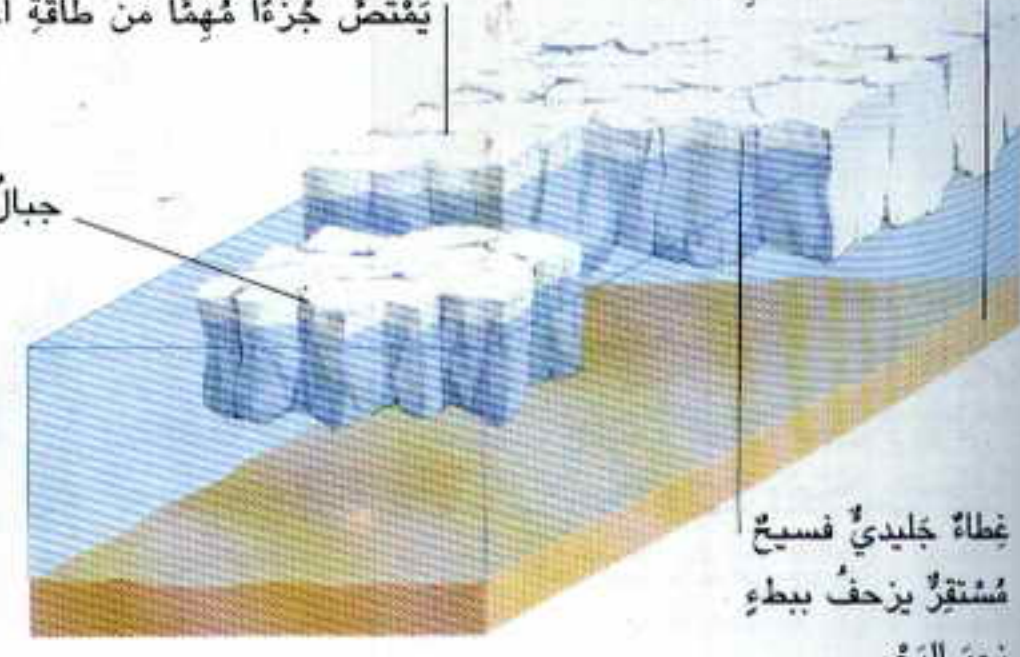
القلنسوة الجليدية

قد يغلو سطح القلنسوة المكشع بالرياح أكثر من كيلومتر فوق صخر الأديم. ففي القارة القطبية الجنوبية يسقط حوالي ١٥ سم من الثلج فقط في السنة، لكنها كلها في نهاية المطاف تضغط جليداً.

جبال جليدية عريضة مسطحة القمم

جبال الجليد في نصف الكرة الجنوبي

جبال الجليد في المحيط الجنوبي المنصاعدة من الأرصفت الجليدية للقارة القطبية عريضة ومسطحة. وقد يبلغ طولها عدة مئات من الكيلومترات وتبقى عدة سنوات قبل أن تنصهر. وغالبًا ما يجري تباعها بالسوايل للمساعدة في تشكيل صورة عن محيطات العالم.



لمزيد من المعلومات انظر

- الضغط ص ١٢٧
- الطقس والغوص ص ١٢٩
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٤

التَّجْوِيَّةُ وَالتَّحَاتُّ

يَتَغَيَّرُ سَطْحُ الْأَرْضِ بِاسْتِمْرَارٍ. فَتَحْرُكَاتُ الْكُتْلِ الصَّفَائِحِيَّةِ الْأَرْضِيَّةِ تَرْفَعُ الْجِبَالَ وَتَبْنِي الْقَارَاتِ. وَفِي الْوَقْتِ نَفْسِهِ تَتَأَكَّلُ هَذِهِ السُّطُوحُ الْجَدِيدَةُ ثَانِيَةً فَتَبْلَى وَتَتَفَتَّتْ فِي عَمَلِيَّةِ التَّعْرِيةِ وَالتَّحَاتِّ الَّتِي تَتَسَبَّبُ بِهَا عَوَامِلُ طَبِيعِيَّةٌ عَدِيدَةٌ. أَهْمُهَا عَامِلُ الطَّقْسِ. هُنَالِكَ نَوْعَانِ مِنَ التَّجْوِيَّةِ - طَبِيعِيٌّ وَكِيمَاوِيٌّ. فَالتَّجْوِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ تَتَمَثَّلُ فِي كَسْحِ الرِّيَّاحِ، وَجَرَفِ الْأَمْطَارِ، وَشَدِّ الْجاذِبِيَّةِ. أَمَّا التَّجْوِيَّةُ الْكِيمَاوِيَّةُ فَتَتَمَثَّلُ بِفَعْلِ أَحْمَاضِ مِيَاهِ الْمَطَرِ فِي إِذَابَةِ الصُّخُورِ.

أثر التجوية والتحات في الصخور



الجبال الميحادية

التَّلَالُ الْمُدَوَّرَةُ الْمُتَفَرِّدَةُ فِي الْمَنَاطِقِ الْجَائِفَةِ، كَالْأُولُورُو (صَخُور أَيْرَز) بِأُسْتْرَالِيَا، كَانَتْ قَدْ تَأَكَّلَتْ بِالتَّجْوِيَّةِ الطَّبِيعِيَّةِ وَالْكِيمَاوِيَّةِ؛ وَيُعْرَفُ وَاحِدُهَا بِالْمِيْحَادِ (إِنْسَلِيرَج). فَالْمَطَرُ عَلَى قَلْبِهِ يُتَخَرَّبُ طَبَقَاتِ الصَّخْرِ السُّطْحِيَّةِ؛ وَتَوَالِي التَّمَدُّدِ وَالتَّقْلُصِ يَوْمِيًّا فِي النَّهَارَاتِ الْحَارَّةِ وَاللَّيَالِي الْبَارِدَةِ يُشَقِّقُهَا وَيُقَلِّقُهَا.

يتساقط
الصخر
طبقة طبقة،
ويُعرفُ هذا
بالتجوية التقشريّة.

صخور مسطحة
تُعرف بالروجن
متواجدة في
بوناكايكي، الجزيرة
الجنوبية، بنيزيلندا



تأثيرات التذرية

التُّرْبَةُ الصَّحْرَاوِيَّةُ مَزِيْجٌ مِنَ التُّرَابِ النَّاعِمِ وَالرَّمْلِ وَالْحَصَى الْخَشِينَةِ. تَذَرُو الرِّيَّاحُ الْمَوَادَّ الدَّقِيقَةَ تَارِكَةً الْحَصَى الثَّقِيلَةَ الَّتِي تُشَكِّلُ لَاحِقًا قَشْرَةً مُتَّصِلَةً تُوقِفُ عَمَلِيَّةَ التَّحَاتِّ.

الرياح الصحراوية

الرَّمْلُ الَّذِي تَسْفِيهِ الرِّيَّاحُ هُوَ أَعْظَمُ الْقُوَى التَّحَاتِّيَّةِ فِي الصَّحْرَاءِ. إِنَّ تَذَرَةَ النَّبَاتِ فِي الْمَنَاطِقِ الصَّحْرَاوِيَّةِ تَحْرِمُ التُّرْبَةَ تَمَاسُكَهَا بِشَبَكَاتِ الْجُذُورِ؛ إِضَافَةً إِلَى عَدَمِ وَجُودِ مَا يَكْفِي مِنَ الرُّطُوبَةِ لِتِلَاصِقِ الْجُسَيْمَاتِ بَعْضُهَا مَعَ بَعْضٍ. لَذا تَحْمِلُ الرِّيَّاحُ الرَّمَالَ السَّائِبَةَ وَتَدْوُمُهَا فِي الْعَوَاصِفِ الرَّمْلِيَّةِ، فَتَسْفَعُ بِهَا الصُّخُورَ وَتَحْتَهَا رَمَلًا يُسْتَخْدَمُ فِي حَتِّ جَدِيدٍ.

حصى ثلثية القرن

الْحَصَى الْمُسْتَشِيرَةُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ تَتَلَقَّى سَفْعًا رَمْلِيًّا شَدِيدًا، يَحُثُّ أَحَدَ جَوَانِبِ الْحَصَا بِسُرْعَةٍ فَيَحْتَلُّ تَوَازُنَهَا وَتَمِيلُ لِتُعَرِّضَ وَجْهَ آخَرَ مِنْهَا لِلْسَفْعِ الرَّمْلِيِّ. فَتُصْبِحُ الْحَصَا أَخِيرًا صَقِيلَةً السُّطُوحِ ثَلَاثِيَّةُ الْقَرْنِ فِي الْغَالِبِ. وَتُبْنِي الْحَصَى الْأَكْبَرُ عَلَى الشَّوْاطِئِ أَوْ فِي قِيَعَانِ الْأَنْهَارِ الْجَائِفَةِ هَذِهِ الظَّاهِرَةُ بَوُضُوحٍ.

الرياح القويّة تسفّع
الحصاة من أحد
جوانبها.

تُشيرُ الاسهمُ إِلَى مَدَى
أَرْتِفَاعِ الرَّمْلِ بِذَرُو الرِّيَّاحِ
وَالِىَ اتِّجَاهِ أَرْتِفَاعِهِ.

تَذَخُرُجُ الْحَصَا
يُعَرِّضُ سَطْحًا
جَدِيدًا مِنْهَا لِلْسَفْعِ.

الحصاة الناتجة
ذاتُ عِدَّةِ أَوْجُو
مُسَطَّحَةٍ صَقِيلَةٍ.



الأعمدة الطبلية الأرضية (الرؤجن)

الرَّمْلُ الَّذِي تَذَرُوهُ الرِّيَّاحُ يُسَبِّبُ التَّحَاتَّ. فَالصُّخُورُ الْمَكْشُوفَةُ يَسْفَعُهَا الرَّمْلُ إِلَى أَشْكَالٍ غَرِيبَةٍ مَلَسَاءٍ صَقِيلَةٍ. يَحْدُثُ مُعْظَمُ التَّحَاتِّ بِالْقُرْبِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ فَيَكُونُ جُرْفًا مُعَلَّقَةً وَبَنَى صَخْرِيَّةً مُعَلَّقَةً كَالْأَعْمَدَةِ الطَّبْلِيَّةِ تُدْعَى رُؤْجِن.

يَتَّخِذُ الْعَمُودُ
الصَّخْرِيُّ بِالشَّكْلِ
شَكْلًا كَقَطْرِ غَيْشٍ
الْغُرَابِ.



صخور فطرية الشكل

تَتَفَقَّرُ جُسَيْمَاتُ الرَّمْلِ كَالْكُرَةِ عَادَةً بِالرِّيَّاحِ الْقَرِيبَةِ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ لِثِقَلِهَا. وَنَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ الطَّفْرِ هَذِهِ يَحْصُلُ مُعْظَمُ التَّحَاتِّ ضِمْنَ قُرَابَةِ مِترٍ وَاحِدٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. فَالْقِيَابُ الْبُرْجِيَّةُ الْعَالِيَةُ تُحَتُّ قَرِيبًا مِنْ قَاعِهَا فَقَطْ، فَتَتَّخِذُ شَكْلًا مُعْتَقًا كَقَطْرِ غَيْشٍ الْغُرَابِ، وَتُدْعَى رُؤْجِن.

كُتْبَانُ رَمْلِيَّة

تتراكم الرمال المذرية، من أتربة الصحراء السائبة عادة، أكواماً تُدعى كُتْبَاناً رَمْلِيَّة. وتنقل الرياح هذه الكُتْبَان تدريجياً من مكان إلى آخر. حُصِرَت المناطق الصحراوية في العالم فقط هي صحار رملية، تتكوّن فيها الكُتْبَان بأشكالٍ عديدة مُختلفة.

الكُتْبَانُ الهَلَالِيَّة (البرخانية)

أشهر أنواع الكُتْبَان الرملية هي الكُتْبَانُ الهَلَالِيَّة. وهي تتخذ هذا الشكل لأن سَفَي الرمال عند طرفي الكُتْبَان أكثر منه في الوسط. وتُشكّل التجمّعات الكبيرة من هذه الكُتْبَان الهَلَالِيَّة بسَطَةً الأرض الرملية النموذجية الشبيهة بصفحة البحر، كما في الصحراء الكبرى.



جرانيت مُنحَلٌ نَجْدٌ في كورنول، بإنكلترا

الجرانيتُ النَخْر

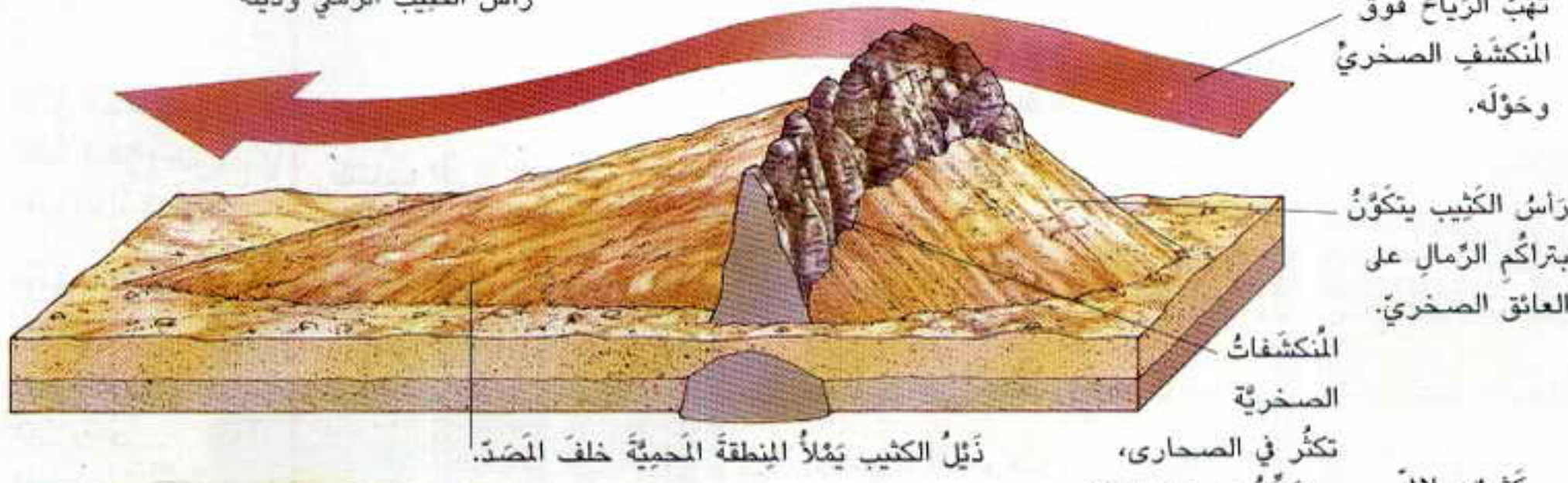
بعض المعادن، كالفلسبار، أحد مقومات الجرانيت، عُرضة للتجوية الكيميائية. فحال تفاعل الفلّسبار مع مياه الأمطار الحمضية، تنفكّ المعادن الأخرى ويتفتّت الجرانيت.



الجُرُفُ الصخرية والفجاج

الكالسيّت عُرضة للتضرّر بالتجوية الكيميائية. فحينما يتعرّض الصخر الكالسي للمطر، يتحلّل الكالسيّت على السطح وعلى امتداد الشقوق. وهكذا ينحط الصخر إلى جُرُف تفصلها شقوق مُوسعة تُدعى الفجاج.

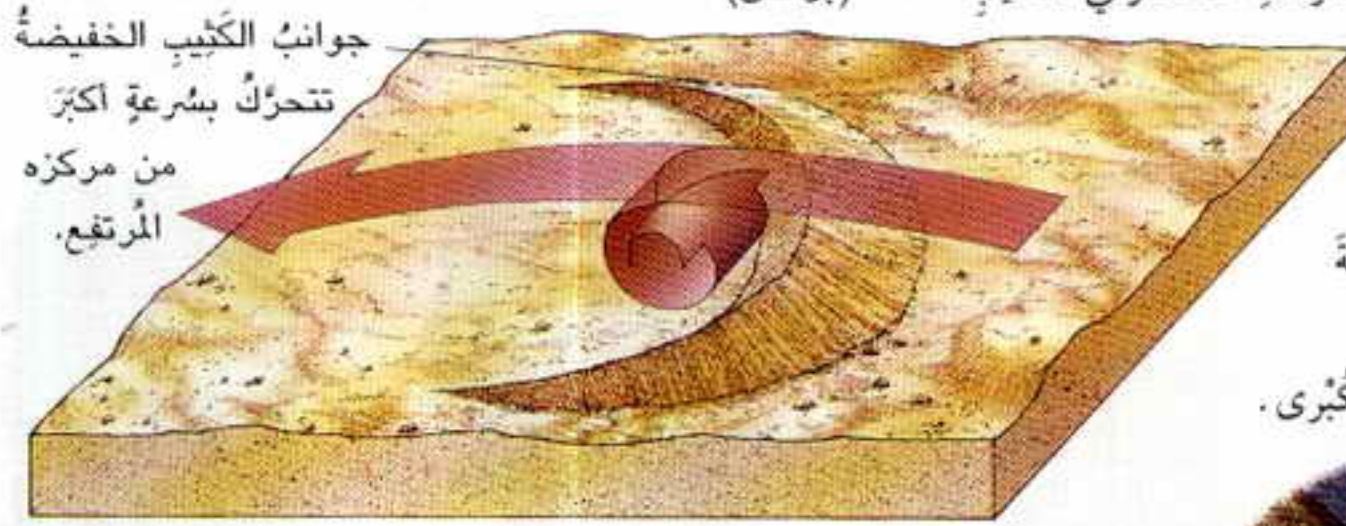
رَأْسُ الكُتْبَانِ الرَمْلِيِّ وَذَيْلُهُ



كُتْبَانُ رَمْلِيَّةٌ شَاطِئِيَّةٌ فِي إنكلترا تَظْهَرُ فِيهَا البَنَى الكُتْبِيَّةُ الرَمْلِيَّةُ النَمُوذَجِيَّةُ.

رَمَالٌ تُرْسِبُهَا التِّيَّارَاتُ الدَّوَامِيَّةُ عَلَى الجَانِبِ المَخْمِيِّ مِنَ الكُتْبَانِ.

جَوَانِبُ الكُتْبَانِ الخَفِيضَةُ تَتَحَرَّكُ بِسُرْعَةٍ أَكْبَرُ مِنْ مَرْكَزِهِ المَرْتَفِعِ.



كُتْبَانُ طُولَانِيَّةٌ (سَيْفِيَّةٌ)

حَيُودٌ رَمْلِيَّةٌ تَتَرَاكُمُ بِمُوازَاةٍ أَتْجَاهِ الرِّيحِ.

تَحْمَلُ الرِّيحُ الرَّمَالَ عَلَى أَمْتِدَادِ جَوَانِبِ الخُيُودِ.

تَتَبَاطَأُ الرِّيحُ عِنْدَ الخُيُودِ بِالاحتِكَاكِ فَتَكَوَّنُ سِلْسِلَةٌ مِنَ التِّيَّارَاتِ الدَّوَامِيَّةِ.

الكُتْبَانُ الطُولَانِيَّة

تَكَوَّنُ الكُتْبَانُ الطُولَانِيَّةُ (أَو السَّيْفِيَّةُ) كَحَيُودٍ طَوِيلَةٍ بِمُوازَاةٍ أَتْجَاهِ الرِّيحِ. وَيُمْكِنُ مُشَاهَدَتُهَا بوضوحٍ فِي المَوَاقِعِ حَيْثُ يُسْفَى الرَّمْلُ عِبْرَ الصَّخُورِ الجَرْدَاءِ.

التَّسْفِينُ الصَّقِيْعِي

التَّسْفِينُ الصَّقِيْعِي عامٌّ فِي المُنَاخِ البَارِدِ، وَهُوَ نَوْعٌ مِنَ التَّجْوِيَةِ الطَبِيعِيَّةِ. تَسْرُبُ المِياهُ فِي شُقُوقِ الصَّخْرِ؛ وَعِنْدَمَا تَتَجَمَّدُ يَكْبُرُ حَجْمُهَا بِالتَّمَدُّدِ فَتَوْسَعُ الشَّقُوقُ الصَّخْرِيَّةُ. وَبِتَكَرُّرِ هَذِهِ العَمَلِيَّةِ، تَتَفَلَّقُ كُتْلُ الصَّخْرِ وَتَسْقُطُ مُتراكِمَةً عَلَى السَّفْحِ الجَبَلِيِّ كَمُنْحَذَرَاتٍ رُكَامِيَّةٍ هَشِيمَةٍ - كَالتي فِي الرِّسْمِ المَقَابِلِ فِي كَامْبِ يُونْتِ بِشِبْهِ الجَزِيرَةِ القُطْبِيَّةِ الجَنُوبِيَّةِ.

جُرُفٌ صَخْرِيَّةٌ وَفِجَاجٌ فِي يُونِركَشَايِرِ دِيلِرْ، بِإنكلترا

المَطَرُ الحَمَضِيّ

تَتَوَلَّدُ الحُمُوضُ الطَبِيعِيَّةُ فِي مِياهِ المَطَرِ مِنْ ذَوَابَنِ ثَانِي أكْسِيدِ الكَرْبُونِ فِيهَا. وَيَحْوِي المَطَرُ، فِي المَنَاطِقِ المَعْمُورَةِ، حُمُوضًا مِنَ الغَازَاتِ الصَّنَاعِيَّةِ المُنْدَابَةِ فِيهِ، كَثَانِي أكْسِيدِ الكَبْرِيتِ، تُسَبِّبُ المَطَرُ الحَمَضِيّ. وَهَذَا يَزِيدُ مُعَدَّلَ التَّجْوِيَةِ الكِيمَاوِيَّةِ فَيُتَلَفُ المَبَانِي وَالتَّمَاثِيلُ - كَهَذَا الأَسَدِ الحَجَرِيِّ فِي لِيدزْ، بِإنكلترا.



لَمزيد من المعلومات انظر

- الحوامض ص ٦٨
- الصَّقِيعُ وَالتَّنَدِي وَالجَلِيد ص ٢٦٨
- رَضْدُ الطَّلَس ص ٢٧٢
- دَوَرَاتُ فِي الغَلَاظِ الحَيَوِي ص ٣٧٢
- الصَّحَارَى ص ٣٩٠

أنواع التربة

إذا تطلعت إلى منظر طبيعي ترى عادة أعشاباً ونباتات وأشجاراً، وهذه لا حياة لها بدون تربة. والتربة خليط معقد من المواد الصخرية الحديثة والمنحثة، والمعادن المذابة والمعاد ترسبها، مع بقايا الكائنات الحية التي عاشت فيما مضى. هذه المكونات تمتزج معاً بحفر الحيوانات الجاحرة، وضغط جذور النبات، وتحركات المياه الجوفية. إن نوع التربة وتركيبها الكيماوي وطبيعة أصلها العضوي عوامل مهمة جداً للزراعة، وبالتالي لحياتنا وعيش مختلف الحيوانات. هنالك أنواع عديدة من التربة، تتباين من جزء إلى آخر في الأرض تبعاً للمناخ والبيئة.

الأفق الصفري، طبقة دبالية، من بقايا المواد النباتية.



الصلصال تربة ثقيلة لا تُصرف الماء. والصلصال الرطب لزج ولدن وقد يحوي مغذيات كثيرة.



الحث تربة داكنة اللون، تحوي نسبة كبيرة من الدبال المتولد من الانحلال الجذري لنباتات المستنقعات، وتميل التربة الخثية إلى الاحتفاظ بالماء.

التربة الرملية خفيفة، تُصرف الماء بسهولة. وهي تحوي كمية قليلة من المواد العضوية؛ لذا فهي قليلة الخصب.



غابة ديمية كثيفة في فنزويلا



منظر طبيعي في القطب الشمالي

التربة الطباشيرية رقيقة خصوبة تُصرف الماء بسرعة. لذا ينحل محتواها العضوي بسرعة، فلا يبقى فيها إلا القليل من الدبال.

سماكة التربة

يعتمد عمق التربة على عوامل متعددة، كوجود منحدر مثلاً تُجترَف فيه التربة المتكونة باستمرار، وعلى طبيعة صخر الأديم. فالحجر الكلسي، مثلاً، يَنَحْت بسهولة أكثر من الحجر الرملي، فيكون بالتالي مُنتجات انحلالية أكثر. لكن عاملي المناخ والتجوية هما الأهم والأشد أثراً.

المناخ الحار الرطب يحوي صخر القاعدة فيكون تربة سميكة غنية بالمواد النباتية. المناخ البارد قليل التجوية، لذا تميل التربة القطبية إلى الرقة.

رُخْفُ التربة

تتحرك تربة المنحدر تدريجياً جسيماً جسيماً نحو الأسفل - فيما يُسمى رُخْفُ التربة. وغالباً ما تكون جسيمات التربة مترابطة بعضها مع بعض بواسطة جذور الأعشاب مكونة ألواحاً جاسية. فتتحرك هذه نزولاً في سلسلة من البنى المدرجة أو المصاطب - تستخدمها عادة الحيوانات الراعية من غنم وأبقار، فتزيد من سرعة التآكل.

رُخْفُ التربة في المنحدرات

رُخْفُ التربة يُزيغ أطراف طبقات الصخر المكشوفة.

انزلاق أرضي صغير في جبال الهندوس، باليونان



المنحدرات

المنحدرات غير مستقرة لأن جاذبية الأرض تُشد ما يتجمع عليها إلى أسفل. وأي تغير في التربة بفعل الصقيع أو المطر أو التمدد بالتشرب والانقاع يزيد من هذا التحرك نزولاً نحو أسفل المنحدر. ونتيجة لذلك تتعرض الإنشاءات الاصطناعية على المنحدرات إلى الميلان، ويتشوه شكل النباتات النامية.

تتحرك الكتل المجوأة إلى الشقوق.

الأشجار المائلة تُعاود النمو عمودياً، فتتقوس جذوعها إلى أعلى.

الجدران وأعمدة التلغراف والإنشاءات الاصطناعية الأخرى تميل تدريجياً، ثم تنهار.

تنصدع الطرقات بتحرك التربة التحتية.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكيمياء العضوية ص ٤١
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الأحافير ص ٢٢٥
- التجوية والتآكل ص ٢٣٠
- المناخ ص ٢٤٤

الْفَيْضَانِ

A woman in a sari is wading through floodwaters, carrying a pot on her head. In the background, a boat is visible on the water, and there are palm trees and buildings along the shore.

نَكُونُ الْأَنْهَرُ -
الْمَرْحَلَةُ الْأُولَى

شَلَالَاتٌ وَجَنَائِلُ تَتَكَوَّنُ بِمَرُورِ
النَّهْرِ فَوْقَ طَبَقَاتِ صَخْرِيَّةِ أَصْلَدَ.

كُ عَمِيقَةً تَنْحَثُ فِي قَاعِ النَّهْرِ بِفِعْلٍ
إِذَا الْمُدُومَةُ وَالْحِجَارَةُ التَّقَعَّرَ عَلَى
بَدَنِ الْقَاعِ.

المَرَحَلَةُ الثَّانِيَّةُ

سهل فيضي يتكون من ترسب قرارات المرحلة الأولى. ويحدث معظم الترسيب أثناء الفتنات.

مَرَا حِلُّ فِي مَجْرَى النَّهْرِ

تُلاحَظُ في مَجْرَى النَهرِ ثَلاثُ مَراحِلَ . في مَرحِلَتِهِ
الأوَّلَى يَندَفِعُ النَهرُ بِسَريعَةٍ ، شَاقًّا مَسارَهُ عَميقًا في
المَجرى ، وَحامِلًا مَعَهُ شَتَّى الأَنقاضِ وَالحُتاتِ الصَّخريَّةِ .
في المَرحِلَةِ الثَانيَةِ ، يَتَباطَأُ النَهرُ فَيَرسُبُ قُرارَتِهِ ، وَيَتَابعُ
الحِثَّ في مَجرَاه . في مَرحِلَتِهِ الثَالثَةِ ، تَخوَرُ قُوى النَهرِ
فَيَطرُحُ كَاملَ حُمولَتِهِ مِنَ الأَنقاضِ عَندَ مَصبِهِ في البَحرِ .

الرَّيُّ فِي حَوْضِ رَمْلِي
بِاحْدَى جُزْرِ
الْكِنَارِي

الْقُدْرَةُ الْكَهْرْمَائِيَّةُ

الرَّيِّ

تحتاج الزروع ماءً لتنمو. وكثيراً ما نُقِنِي مياهُ
الأنهار لِسقي المزروعات في نظام رَيِّ مُعَيَّن.
وقد عُرِفَتْ أنظمتُ الرَيِّ المَعْقَدَةُ على ضفاف
الأنهرِ مُنْذُ الحضاراتِ الأولى في مصرَ
القديمة على ضفاف النيل.

التَّحَاثُّ بِالشَّلَالَاتِ

يَنْحَتُ الْخَيْدُ لَاجِقًا،
وَيَتَحَوَّلُ الشَّلَالُ إِلَى

جَنْدَل (قِطَاعٍ مِنَ النِّهْرِ مُضْطَرَبٌ سَرِيعُ الْمَجْرَى).

تَمْعُجُ النهر هو
أَنْعِطَافٌ مَوْقَتْ فِي
مَجْرَاهُ - يَتَغَيَّرُ
مَوْقِعُهُ بِالْحَتِّ مِنْ
جِهَةِ الْخَارِجِ
وَالْتَرَسِيبِ فِي
جِهَةِ الدَّخْلِ.

مَسْقُطُ الْمَاءِ (الشَّلَال)

بِرَكَّةُ الْمَسْقُطُ

يَتَكُونُ شَلَالٌ عِنْدَمَا يَتَدَفَّقُ مَاءُ النَهْرِ مِنْ
فَوْقِ حَيْدٍ صَخْرِيٍّ صَلْدٍ؛ فَيَعْمَلُ سَقُوطُ
الْمَاءِ عَلَى حَتٍّ بِرَكَةِ الْمَسْقُطِ فِي أَسْفَلِ
الْحَيْدِ لَا تَلْبَثُ أَنْ تَقْوُضَ أَسَاسُهُ،
فَيَنْهَارُ الْحَيْدُ وَيَتَكُونُ شَلَالٌ جَدِيدٌ عِنْدَ
حَيْدِ الصَّخْرِ الْمُنْكَشَفِ تَالِيًا.

المصاطبُ النهريةُ هي بقايا
سهولٍ فيضية قديمة تكونت
حين كانت الأرض أعلى.

يَتَمَعَّجُ النهر جَبِيئَةً وَذَهَابًا
حَاتًا التلالَ الْمُحِيطَةَ
خَلْفَهُ.

المَرْحَلَةُ الثَّالِثَةُ

تَمْعُجُ الْمَجْرَى
الْمُقْتَطَعُ يُشَكِّلُ
بُحْرَةً قَوْسِيَّةً.

تَتَكَوَّنُ الدُّلُتَا عِنْدَ
مَصَبِّ النِّهْرِ مِنْ تَرَسُّبِ
كَمِّيَّاتٍ كَبِيرَةٍ مِنْ قُرَارَاتِهِ.

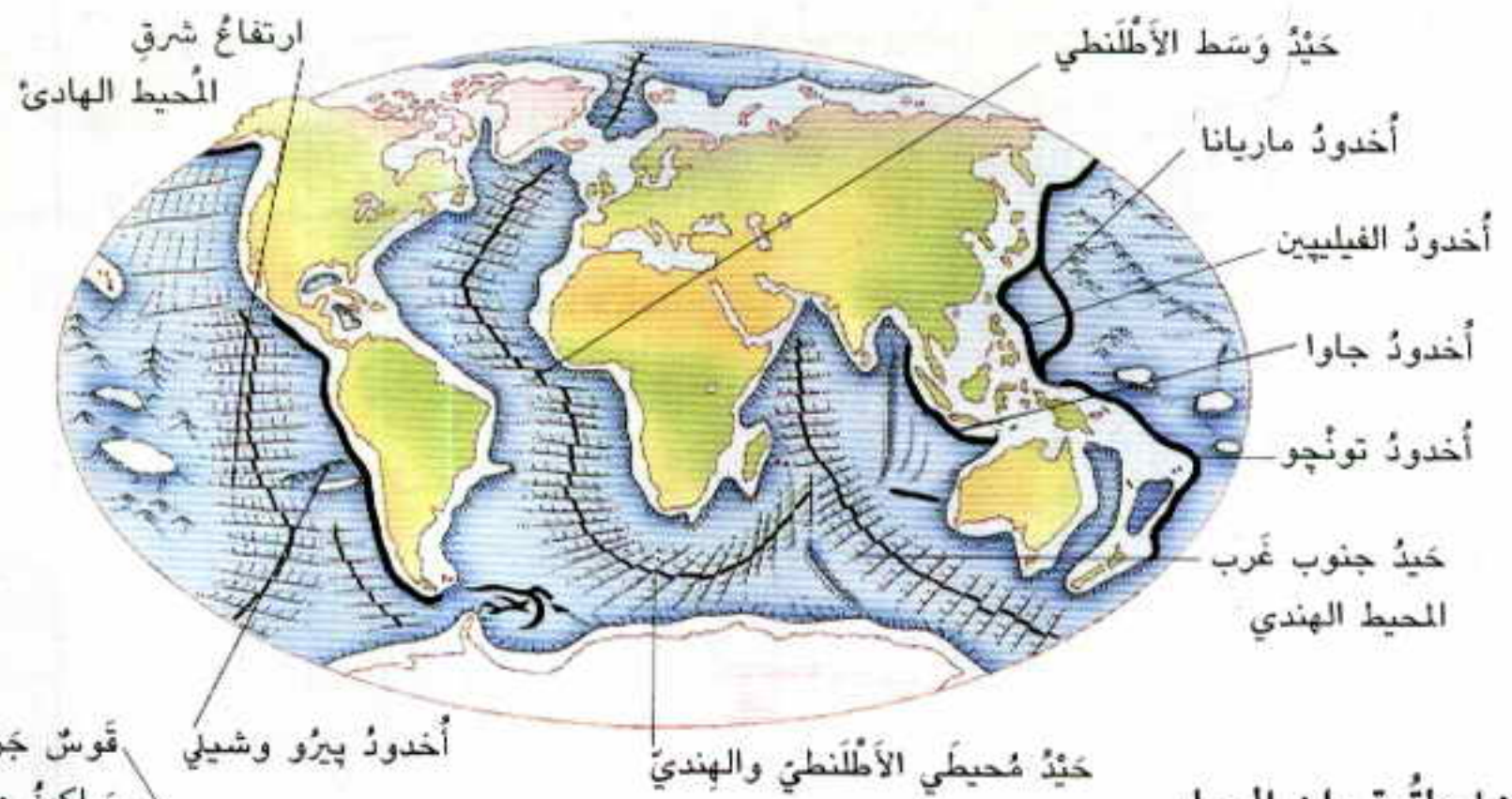
السُّطُّ هُوَ ضِفَّةٌ مِنْ
الْقُرَارِ الْمُرْسَبَةِ عَلَى
أَمْتَدَادِ قَاعِ النُّهْرِ وَجَانِبَتِهِ.

لمزيد من المعلومات انظر

الماء - مُعَالَجَتُهُ وَصِنَاعَتُهُ ص ٨٣
المُولَدَات ص ١٥٩
السَّحُوبَةُ وَالتَّحَاتْ ص ٢٣٠
خَطُّ السَّاحِلِ ص ٢٣٦
المَطَرُ ص ٢٦٤

البحار والمحيطات

خارطة الحُيُود والأخاديد المُحيطِيَّة في العالم



خارطة قيعان البحار

كانت قيعان المحيطات أغزاً مغلقاً قبل بضعة عقود من السنين. لكن في الستينيات من القرن العشرين، اخترع العلماء آلات تستطيع تصوير أشكال الأرض عن بُعد. وقد استخدمت هذه الصور المُتَبَيَّنَةُ بُعَادِيًا في رسم خرائط قيعان البحار.

سمكة سيلاكنت (المُجَوَّفَةُ الاشواك) في مياه جُزُر القمر



سيلاكنت

تجوب أعماق المحيطات السحيقة مخلوقات غريبة، كسمكة السيلاكنت التي كان يظن العلماء أنها انقرضت منذ ٢٠٠ مليون سنة. لكن في عام ١٩٣٨، التقطت إحداها في مياه المحيط قبالة مدغشقر ولا يزال يلتقط بعضها حتى اليوم. إن البقاء في أعماق المحيطات، حيث الأحوال المعيشية لا تتغير كثيراً، أيسر لهذه الحيوانات القديمة.

بيئة المياه الحارة

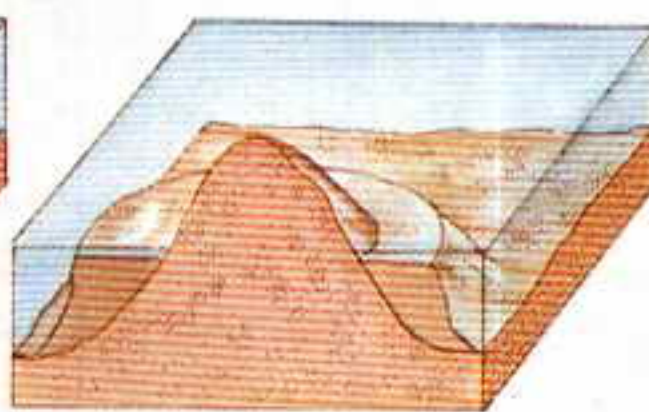
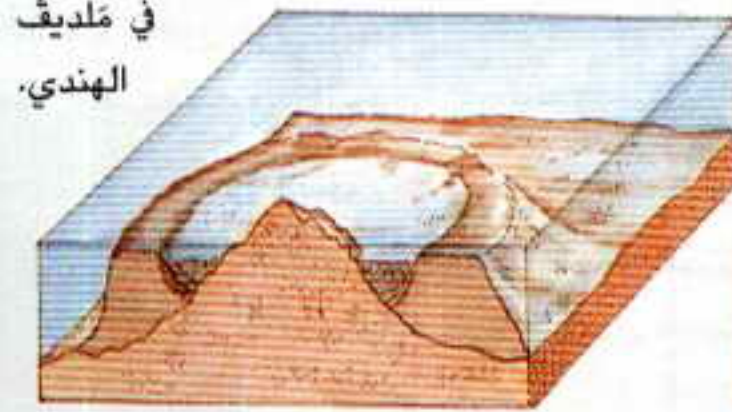
تُقبَق على امتداد الحُيُود المحيطية مياه بُركانية حارة غنية بالكيمائيات. هذه المياه تجذب البكتيريا، وقد تطورت فيها حيوانات تغذي بالبكتيريا، وكذلك حيوانات أخرى تأكل هذه الحيوانات. وتعيش في هذه البيئة المُظْلِمَةُ العميقة كائنات لم تر نور الشمس مُطلقاً - كهذه القشريات والرُخويات في جُزُر جَلا باغوس.



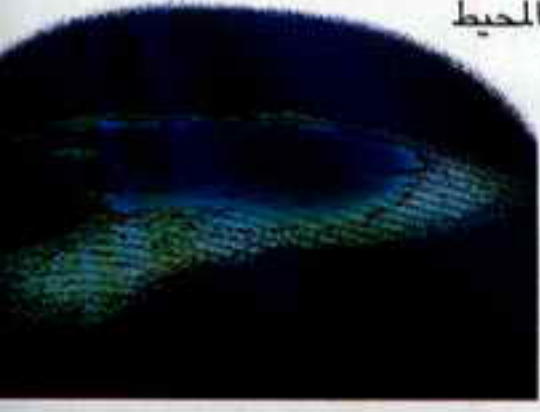
الشعاب المرجانية

ينمو المرجان فقط حيث المياه صافية دافئة وضحلة؛ كما هي الحال في شواطئ الجزر المدارية مثلاً. يكون المتعضي المرجاني صدفةً كلسية تتضام مع آخر مُشكَلَة أساساً وطيداً لِنُمو المزيد من المرجان. وبهذه الطريقة تتراكم، مُقاربة سطح الماء، أرضية شاسعة تُدعى شعاباً مرجانية.

يبدأ الشعب المرجاني بالنمو في المياه الضحلة حول جزيرة مدارية. فإذا غاصت الجزيرة في الماء، يُتابع المرجان نموه مُشكَلًا حاجزاً مرجانياً مُنفصلاً عن الجزيرة.



جزيرة مرجانية حلقية (أثول) في ملديف بالمحيط الهندي.



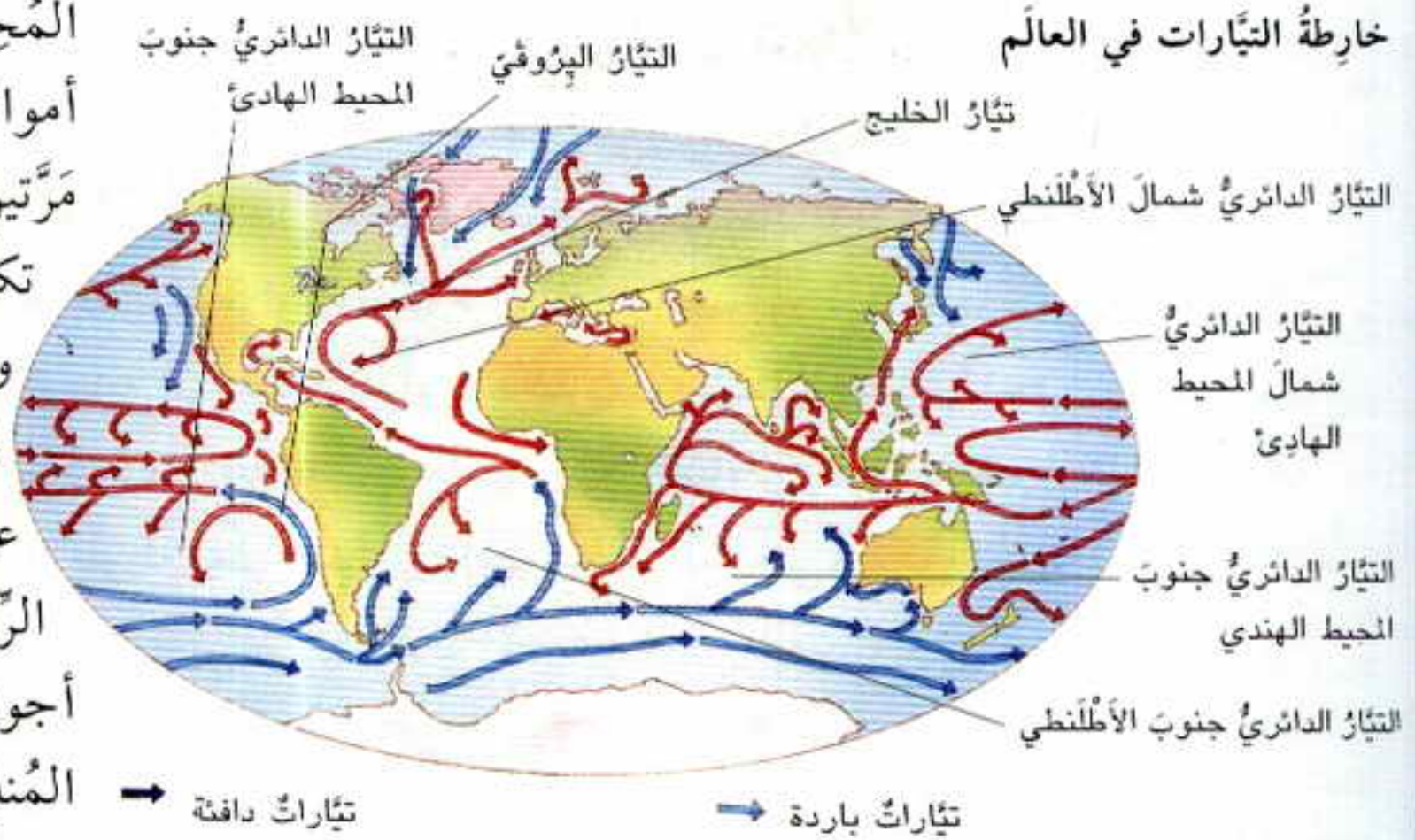
عندما تختفي الجزيرة تحت أمواج البحر، تُخلف جزيرة مرجانية حلقية تتوسطها بحيرة ضحلة.

لمزيد من المعلومات انظر

كيمياء الماء ص ٧٥
بنية الأرض ص ٢١٢
الصخور والمعادن ص ٢٢١
الأمواج والمد (الجزر) والتيارات ص ٢٣٥

الأمواج والمدّ والمدرّ (المدّ والجزر) والتيارات

المُحيطات لا تهدأ أبداً؛ فالرياح المحلية تدفع سطح البحر أمواجاً تلاحم الشاطئ. والمدّ والمدرّ يجتاح المرافئ جيئةً وذهاباً مرتين كل يوم بفعل جاذبية الشمس والقمر. وفي الوقت نفسه، تكتسح الرياح العالمية البحار مكونة تيارات مُحيطيّة عظيمة؛ ومع تدويم الأرض تنفث التيارات مُنساباً حوّل المُحيطات في مسارات دائريّة ضخمة. فالتيارات الساخنة تنساب بعيداً عن خطّ الاستواء، والباردة تنساب عائدة نحوه. وتحمل الرياح التي تهب فوق تلك التيارات، إلى اليابسة المُجاورة، أجواءً دافئة أو باردة - ممّا يجعل لهذه التيارات تأثيراً كبيراً على المناخ. فتيار الخليج الساخن في المحيط الأطلنطي مثلاً يَبقي القسم الشمالي الغربي من أوروبا دافئاً في الشتاء.



التيارات المُحيطيّة

التيارات المدوّمة المُحيطيّة الضخمة تُسببها الرياح السائدة. فالرياح التجارية في جنوب المحيط الهادي (الباسفيكي) تدفع التيار البروّفي البارد نحو الساحل الغربي لأمريكا الجنوبيّة.

تسونامي (الموجة السّناميّة)

الموجة السّناميّة الضخمة (التسونامي) يُسببها زلزال تحت البحر؛ فتندفع الاهتزازات عبر المحيط بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة. وعندما تبلغ مياهها ضحلة تنبسط سرعتها وتتراكم عالياً في أمواج هائلة يصل ارتفاعها أحياناً إلى ٧٦ م. وعندما ترتطم التسونامي بالشاطئ، تكتسح كل شيء في طريقها.

تَمَارَ خَلْفَتُهُ تسونامي في ألاسكا (أذار عام ١٩٦٤)



كيف تتحرّك الأمواج؟

عندما تُمس الرياح سطح البحر تُرسل تموجات يميّة عبر الماء. ورغم أن الأمواج تقطع مسافات شاسعة عبر المحيط، فإن كل جسيم من الماء يدور دائرياً في موقعه فقط.

تنتشر الدوائر تحت السطح حتى تخمد في العمق.

جسيمات الماء القريبة من السطح تواصل تقلّبها ودورانها مراراً وتكراراً.

عندما يكون جاذب الشمس والقمر باتجاهات مختلفة، يتناقص ارتفاع المدّ وانخفاض الجزر.

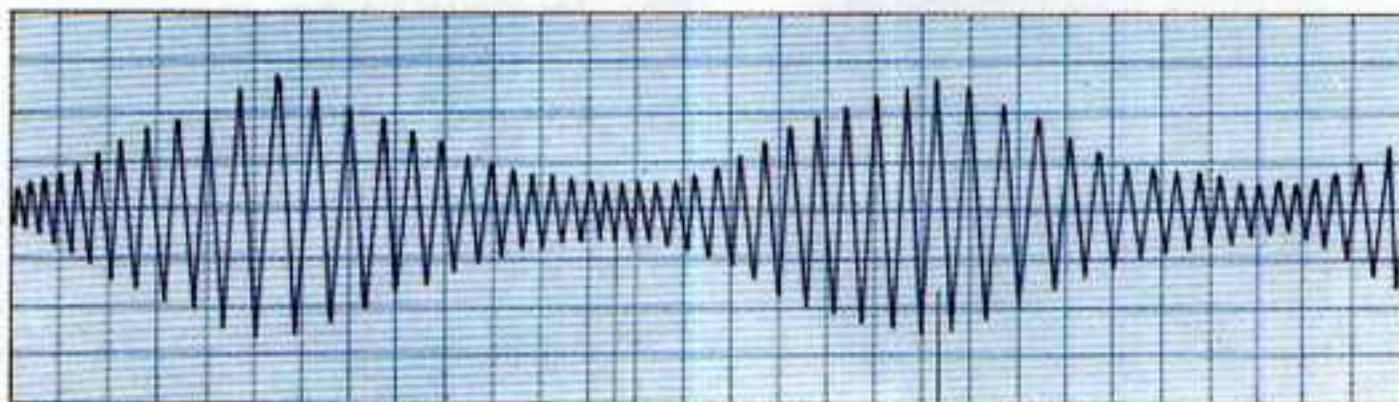


عندما تكون الشمس والقمر في خطّ مُستقيم، يكون المدّ عالياً جداً، والجزر خفيضاً جداً.

يتكوّن مدّ آخر على قسم الأرض المقابل بفعل تدويم الأرض.



يجذب القمر مدّاً على قسم الأرض المواجه له تماماً.



المدّ الأدنى (التبريعي)

المدّ الأعلى (أو التام)

الشمس والقمر والمدّ والمدرّ

قوة جذب القمر تنفخ الماء مدّاً على كلا جانبي الأرض. ولما كانت الأرض تدور حول نفسها، فإن المدّ يحصل في كل موقع فيها مرتين كل يوم. والشمس تجذب الماء أيضاً لكن (بسبب بُعدها القاصي) ليس بقوة جذب القمر. وهذا الجذب يُوازّر جذب القمر مرةً في الشهر، ويضاده مرةً.



كيف يعمل المدّ والمدرّ؟

تخيّل أمّاً تدرّج ولدها دائرياً؛ وفي كلّ دورة تطايّر التورّة الأم إلى الخلف. فالولد يُمثّل القمر في دورانه حول الأرض، وتُمثّل الأم الأرض في تدويمها حول نفسها، وارتفاع تورتها يُمثّل حصول المدّ في جانب الأرض المُتجه بعيداً عن القمر.

لمزيد من المعلومات انظر

- الحركة الدائريّة ص ١٢٥
- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- خطّ الساحل ص ٢٣٦
- الكون ص ٢٧٤

خَطُّ السَّاحِلِ

إِنْ كُنْتَ تَسْبَحُ أَوْ تُجَدِّفُ عَلَى شَاطِئِ الْبَحْرِ فَأَنْتَ فِعْلًا عَلَى حَافَةِ الْبَحْرِ فِي بَدَايَةِ السَّاحِلِ. فَكُلُّ أَرْضٍ بِمُحَاذَاةِ الْبَحْرِ هِيَ سَاحِلٌ؛ وَكُلُّ سَاحِلٍ فَرِيدٌ بِمَعَالِمِهِ وَخَصَائِصِهِ. مَعَالِمُ السَّاحِلِ تَحَدِّدُهَا عِدَّةُ عَوَامِلَ كَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْأَمْوَاجِ الْمُتَلَاظِمَةِ وَدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَالْمُنَاخِ وَأَنْوَاعِ الصَّخُورِ الْمُتَوَاجِدَةِ هُنَاكَ. وَقَدْ تَتَغَيَّرُ السَّوَاحِلُ مِنْ رَمْلِيَّةٍ إِلَى صَخْرِيَّةٍ أَوْ الْعَكْسِ. وَيَتَشَكَّلُ خَطُّ السَّاحِلِ بِهُبُوبِ الرِّيَّاحِ عَبْرَ سَطْحِ الْمُحِيطِ، نَاقِلَةً بَعْضَ طَاقَتِهَا إِلَى الْمِيَاهِ. وَتَبْدَى هَذِهِ الطَّاقَةُ أَمْوَاجًا تَقْطَعُ مَسَافَاتٍ طَوِيلَةً تَقْتَرِعُ عِنْدَ ارْتِطَافِهَا بِخَطِّ السَّاحِلِ، لَكِنَّ قُوَّتَهَا التَّدْمِيرِيَّةَ تَظَلُّ فَاعِلَةً فِي حَتِّ رُؤُوسِ الْبَرِّ وَاتِّكَالِ الْجُرْفِ السَّاحِلِيَّةِ.



خَطُّ السَّاحِلِ

يَبْدُو قُدْرَةُ الْبَحْرِ الْهَائِلَةُ وَاضِحَةً عَلَى أَمْثَالِ هَذَا الشَّاطِئِ الصَّخْرِيِّ فِي كَيُوَانْدَا، أَوْرِيْجُون، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ. فَالصَّخُورُ تُؤَلِّفُ أَسَاسَ صَفْحَةِ الْأَرْضِ، لَكِنَّهَا تَتَأَكَّلُ وَتُحْتُّ بِرَظْمِ الْمَوْجِ الْمُتَوَاصِلِ.

تَحْتُ الْأَمْوَاجِ الشَّقُوقُ الْمُتَوَاجِدَةُ فِي رُؤُوسِ الْبَرِّ وَتَجْعَلُ مِنْهَا كَهُوفًا بَحْرِيَّةً وَاسِعَةً.

الْكُهُوفُ عَلَى جَانِبَيْ رَاسٍ مِنَ الْبَرِّ قَدْ تَتَسَّعُ وَتَتَّصِلُ لِتَكُونُ قَنْطَرَةً طَبِيعِيَّةً.

بِاسْتِمْرَارِ التَّحَاتِ، يَنْهَارُ سَقْفُ الْقَنْطَرَةِ تَارِكًا نَاشِزَةً أَوْ مِسْلَةً بَحْرِيَّةً.

تَحَاتُ رُؤُوسِ الْبَرِّ

تَتَأَلَّفُ رُؤُوسُ الْبَرِّ مِنْ صُخُورٍ صَلْدَةٍ، لَكِنَّهَا، عَلَى مَرِّ الزَّمَنِ، تَتَأَكَّلُ بِالتَّحَاتِ. فَالْأَمْوَاجُ الْمُقْتَرِبَةُ مِنْ أَحَدِ الرُّؤُوسِ تَلْتَفُّ حَوْلَهُ وَتَحْتُّ مِنْ مُخْتَلِفِ جَوَانِبِهِ مُحْدِثَةً كُهُوفًا وَقَنَاظِرَ تَظَلُّ عُرْضَةً لِلْحَتِّ وَالتَّأَكْلِ. وَالتَّحَاتُ يَجْرِي بِطَرِيقَتَيْنِ رَئِيسِيَّتَيْنِ: فِي الْأُولَى، يُبْرَى الصَّخْرُ وَيَتَأَكَّلُ بِالْحِجَارَةِ الَّتِي تَقْذِفُهَا الْأَمْوَاجُ (فِيمَا يُسَمَّى التَّحَاتُ الطَّبِيعِيُّ أَوْ الْبَلَى بِالْإِحْتِكَاءِ). وَفِي الثَّانِيَةِ، تَتَوَسَّعُ شُقُوقُ الصَّخْرِ عِنْدَ تَمَدُّدِ الْهَوَاءِ الْمُنْضَغِطِ بِالْمِيَاهِ الْمُنْدَفِقَةِ، عِنْدَ تَرَاجُعِهَا، مُسَبِّبًا التَّكَهُّفَ.

الْأُودِيَّةُ الْغَاطِسَةُ (الشُّرُومُ)

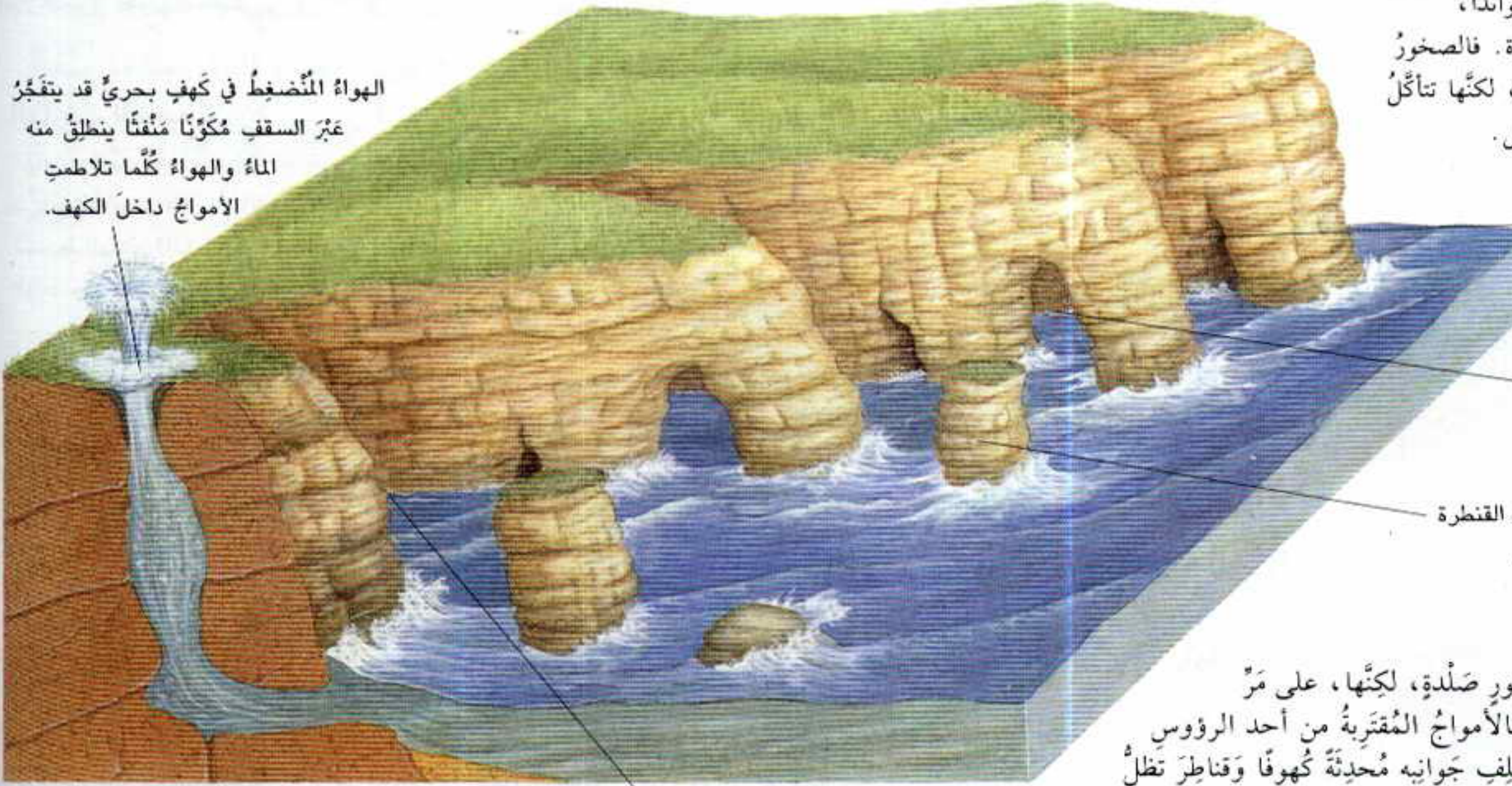
إِذَا هَبَطَتِ الْيَابِسَةُ أَوْ أَرْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ، تُغْمَرُ الْمَنَاطِقُ السَّاحِلِيَّةُ بِالْمِيَاهِ. ففِي نَهَايَةِ آخِرِ عَصْرِ جَلِيدِيٍّ، انْصَهَرَتِ الْقَلَائِشُ الْجَلِيدِيَّةُ فِي سَتَى مُحِيطَاتِ الْعَالَمِ فَارْتَفَعَ مُسْتَوَى الْبَحْرِ وَأَصْبَحَتِ التَّلَالُ جُزْرًا، وَفَاضَتْ أُودِيَّةُ الْأَنْهَارِ مُكَوَّنَةً خَطًّا سَاحِلِيًّا مُفْرَضًا ذَا خُلُجٍ مُتَفَرِّعَةٍ تُدْعَى شُرُومًا أَوْ أُودِيَّةً غَاطِسَةً.

شُرُومٌ وَمَصَبَّاتٌ خَلِيجِيَّةٌ فِي جَالِيْشِيَا، بِإِسْبَانِيَا

الْخُلُجَانُ الْإِفْجِيْجِيَّةُ (الْفِيُورْدَاتُ)

عِنْدَمَا تَذُوبُ الْمَتَالِيجُ، تَتْرُكُ عَادَةً أُودِيَّةً ثَوْنِيَّةَ الشَّكْلِ، تُغْمَرُهَا مَسْتَوِيَّاتُ الْبَحْرِ الْمُتَرَفِّعَةُ عَلَى أَمْتِدَادِ السَّاحِلِ، مُكَوَّنَةً خُلُجَانًا ضَيِّقَةً طَوِيلَةً عَمُودِيَّةَ الْجَوَانِبِ. وَيُلَاحَظُ أَنَّ الصَّخُورَ وَالْمَوَادَّ الْآخَرَى الْمُتَرَسِّبَةَ فِي مَصَبَّاتِ هَذِهِ الْأُودِيَّةِ تَجْعَلُ مَدَاخِلَهَا ضَخْلَةً جَدًّا. وَيُطْلَقُ اللفظُ التُّرُوجِيُّ فَيُورْدُ (الَّذِي مَعْنَاهُ شَعْبٌ مِنَ الْبَحْرِ تَكْتَنِفُهُ جُرْفٌ شَدِيدَةُ الْانْحِدَارِ) عَلَى هَذِهِ الْخُلُجَانِ الْإِفْجِيْجِيَّةِ.

الْهَوَاءُ الْمُنْضَغِطُ فِي كَهْفٍ بَحْرِيٍّ قَدْ يَنْفَجِرُ عَبْرَ السَّقْفِ مُكَوَّنًا مَنَافِئًا يَنْطَلِقُ مِنْهُ الْمَاءُ وَالْهَوَاءُ كُلَّمَا تَلَاظَمَتِ الْأَمْوَاجُ دَاخِلَ الْكَهْفِ.



تَنَحُّتُ رُؤُوسِ الْبَرِّ إِلَى كُهُوفٍ، وَتَالِيًا إِلَى قَنَاظِرَ، ثُمَّ إِلَى نَوَاشِزٍ أَوْ مِسْلَاتٍ بَحْرِيَّةٍ.

شَابَاهَارُ مَكْرَانِ، بِإِيرَانَ

تُبَيِّنُ هَذِهِ الْخَارِطَةُ بَعْضَةَ نَمَازِجَ مِنْ خُطُوطِ السَّاحِلِ الْمُخْتَلِفَةِ حَوْلَ الْعَالَمِ. وَيُسَاعِدُ التَّرْمِيزُ اللَّوْنِي فِي تَحْدِيدِ كُلِّ نَوْعٍ.

فِيُورْدُ جِيرْتُجَرِ، بِالنُّورِجِ



تَكْوِينُ أَرْضٍ جَدِيدَةٍ

الْبَحْرُ قَادِرٌ عَلَى تَدْمِيرِ الْيَابِسَةِ؛ وَهُوَ أَيْضًا قَادِرٌ عَلَى تَكْوِينِهَا. فَالْمَوَادُّ الْمُنْحَتَّةُ الْمُتَرَسِّبَةُ عَلَى الشَّوْاطِئِ تُضَيَّفُ وَمَسَاحَاتُ جَدِيدَةٍ إِلَى الْيَابِسَةِ؛ كَذَلِكَ فَإِنَّ أَنْخِفَاضَ مُسْتَوِيَّاتِ الْبَحْرِ يَكْشِفُ أَرْضِيَّ جَدِيدَةً كَانَتْ مَغْمُورَةً بِالْمِيَاهِ فِيمَا مَضَى.

تكوّن الشواطئ

أنقاض الصخور المنحثة من دُش و كسارة لا تبقى على حالها طويلاً، فالأمواج تعمل على سحقها إلى حصى حباوية ورمل تُجرّ على طول قعر البحر، وترسب أخيراً في مواقع مُستدريّة نوعاً لتكوّن شاطئاً. حتى على الشواطئ، لا تتوقّف فتات الصخر عن الحركة والتنقل بفعل الأمواج التي تثيرها العواصف؛ كذلك فإنّ الرياح تذرّو الجسيمات الأخفّ منها. ونتيجةً لمثل هذه التحركات المستمرة، فقد يتألّف الشاطئ شتاءً من حصاء خشنٍ ويغدو، هو نفسه، رمليةً في الصيف. وتُقام حالياً أسوار ومرايط خاصةً لوقف هذه العملية أو الحد منها.

تتألّف الشواطئ من رمالٍ وفتات صخرية دائمة التغيّر؛ فالفتات الصخرية تُرسبها الأمواج القويّة، وترسب الرمال في الأوضاع الأهدأ.

تتراكم المواد الشاطئية على المزلّم (الشور).

تُجرّف العواصف الحصاء الصخرية فتُرسبها في سطحية ناتئة بأعلى الشاطئ حيث تظلّ حتى العاصفة التالية.

المرايط أسوارٌ مُثبتةٌ بدعائم تتغيرّ قرابةً مترين في الأرض؛ وهي تُقام داخل البحر، لمنع الانجراف، على طول الشاطئ.

الشواطئ المتحركة

الجسيمات الشاطئية دائمة الحركة مع أنحسار الأمواج وأندفاعها، جارقة الحصى والرمل جيئةً وذهاباً؛ وقد تُرسبها في مواقع جديدة على أمتداد الشاطئ في عملية الانجراف الشاطئي.



الشاطئ المرتفع

عندما ترتفع أرض أو ينخفض عنها مستوى البحر، يبقى خطّ الساحل عالياً وجافاً مُكوّناً شاطئاً مرتفعاً. وكان قد تكوّن العديد من هذه الشواطئ شماليّ أوروبا في نهاية العصر الجليدي الأخير؛ فمع ذوبان الجليد أخذت الأرض ترتفع ببطء.



شاطئ مرتفع في جيرلوك، باسكتلندا

خطوط الساحل المتغيرة

لا تبقى خطوط الساحل في العالم دائماً على حالها. فقد تتغيّر جذرياً في وقت قصير نسبياً، بحث الأمواج لليابسة وأنعمار المناطق الساحلية أو أنكشافها بتغيّر مستويات سطح البحر.



خارطة خطوط الساحل في العالم

تتباطأ الأمواج حول نهاية اللسان الساجلي مُكوّنةً حنيّة حادة. لسان ساجلي رملي

الجزء الشاطئي يحمل الرمل عبر خليج أو مصبّ نهري، ويرسبه كلسان ساجلي.

تُجرّف المواد الشاطئية بعيداً عن الجانب المخمي من المزلّم.

الانجراف الشاطئي هو تحرك الرمال والحصاء الصخرية على أمتداد خطّ الساحل. وهذا يكون خطاً ساجلياً مُشرّشاً (كاسنان المنشار)، يتراكم الرمل على المزلّم.

الانجراف الشاطئي

٣. تجرّف الموجة التالية الحصاء مائلةً إلى أعلى الشاطئ مرةً أخرى. ويتكرّر سقوطها نزولاً مع المياه مُباشرةً في مسار مُتعرّج بموازاة الساحل. وهذا التحرك يُسبّب الانجراف على طول الساحل.



٢. عند تراجع الموجة تتدحرج الحصاء نزولاً مع المياه، مُباشرةً على المنحدر الشاطئي.

١. الموجة التي تضرب الشاطئ بزاوية مُعينة، تجرّف الحصاء مائلةً إلى أعلى الشاطئ. برزخ رملي شاطئي في شاباهار مكران، باكستان.

البيئة ساحلية رملية

قد يمتد لسان ساجلي رملي من اليابسة عبر خليج ما فيشكّل حاجزاً؛ ويُدعى هذا الحاجز برزخاً شاطئياً (تُمبولو) إذا تكوّن بين جزيرة والشاطئ.

المستنقعات الملحية

أحياناً تنقل الرياح نطاقات رملية مما تركمه الأمواج فتجعل منها كُثباناً تغزّل مساحات من المياه العذبة أو القليلة الملوحة. فتجمّع هذه المياه لاحقاً وحولاً، وتتحوّل إلى مُستنقعات ملحية.

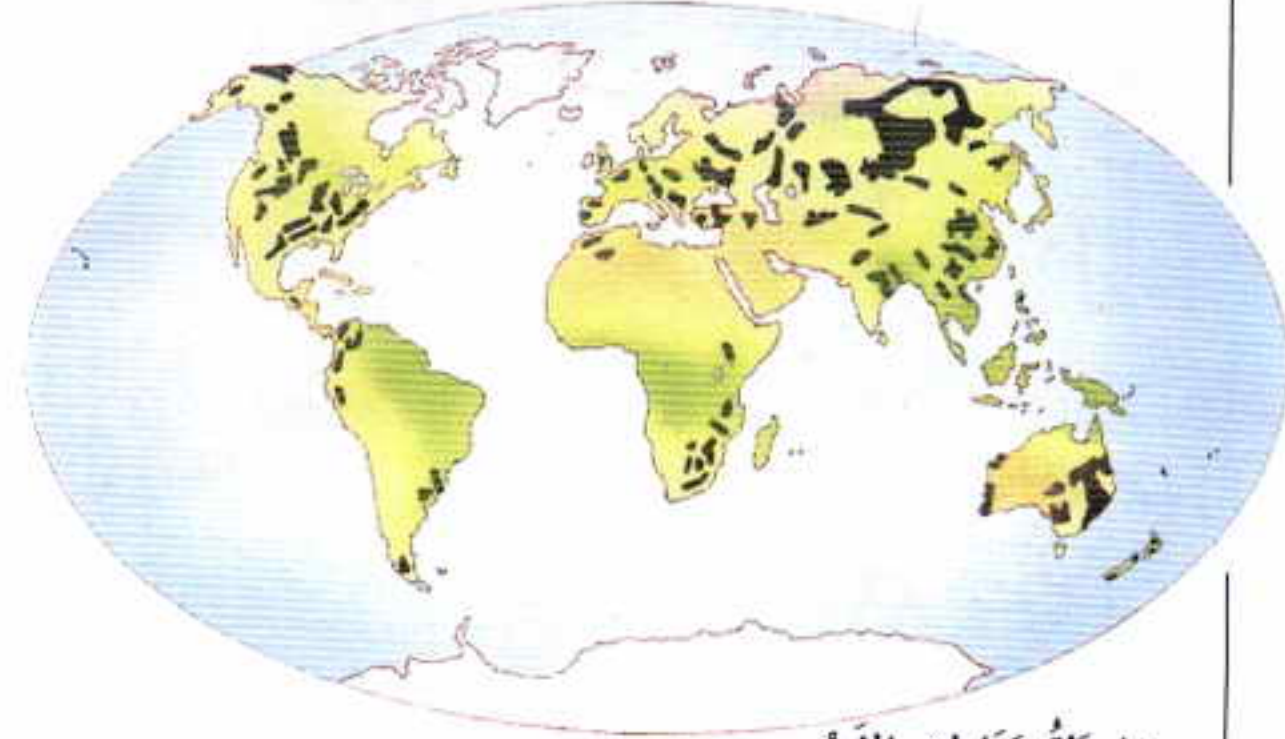
لمزيد من المعلومات انظر

- الصخور والمعادن ص ٢٢١
- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأمواج والمدّ (الجزر) والتيارات ص ٢٣٥
- الطقس ص ٢٤١

الفحم

يُخْتَزَنُ الفَحْمُ الحَجَرِيُّ طاقَةَ الشَّمْسِ مِنْذُ مِلْيَيْنِ السِّنِينَ. إِنَّ نُمُوَ النَبَاتَاتِ يَعْتَمِدُ عَلَى الشَّمْسِ؛ وَإِذَا طُمِرَتْ هَذِهِ النَبَاتَاتُ مِلْيَيْنَ السِّنِينَ تَحْتَ الضَّغْطِ وَالْحَرَارَةِ فِي بَاطِنِ الْأَرْضِ فَإِنَّهَا تَتَحَوَّلُ إِلَى فَحْمٍ حَجَرِيٍّ. وَعِنْدَ إِحْرَاقِ الفَحْمِ، تُطْلَقُ تِلْكَ الطَّاقَةُ الْمُخْتَزَنَةُ مِنْذُ الْقَدَمِ كطَاقَةٍ حَرَارِيَّةٍ. الْكَرْبُونُ هُوَ الْعُنْصُرُ الْأَسَاسِيُّ فِي الْفَحْمِ - فَالْكَرْبُونُ الَّذِي يُؤَلَّفُ حَوَالِي ٥٠٪ مِنَ الْخَشَبِ، يُشَكِّلُ قُرَابَةَ ٩٠٪ مِنَ الْفَحْمِ. بَدَأَ مُعْظَمُ الْفَحْمِ بِالتَّكُونِ فِي الْعَصْرِ الْكَرْبُونِيِّ مِنْذُ حَوَالِي ٣٥٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ. فِغَابَاتُ الْمُسْتَنْقَعَاتِ الضَّخْمَةِ الَّتِي نَمَتْ حِينَئِذٍ هِيَ الْيَوْمَ قُرَارَاتُ الْفَحْمِ الرَّئِيسِيَّةُ فِي الْعَالَمِ.

توزع الفحم الحجري في العالم



خارطة مناطق الفحم

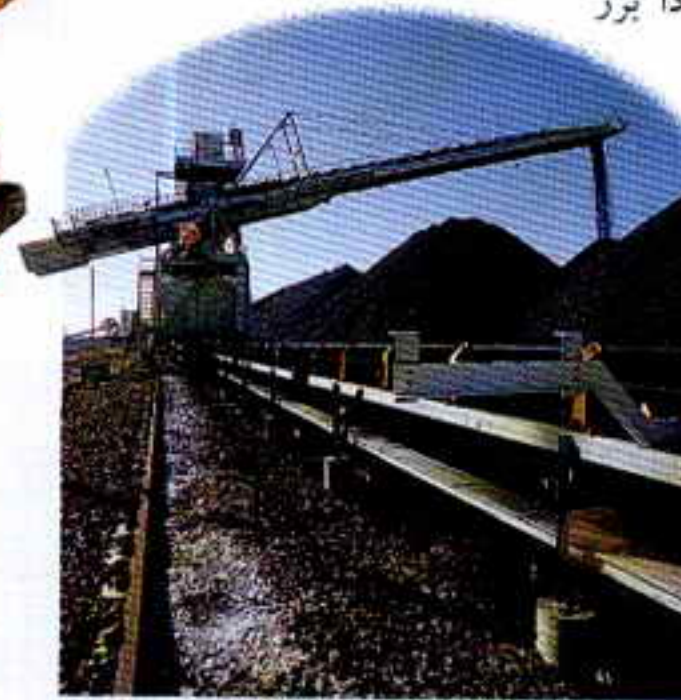
مُعْظَمُ الْفَحْمِ فِي الْعَالَمِ مَصْدَرُهُ الرُّوَاسِبُ الْمُتَوَسِّعَةُ فِي الْعَصْرِ الْكَرْبُونِيِّ، حِينَ كَانَ نَبْتُ الْأَرْضِ فِي أَوْجٍ وَفَرِيَةٍ. لَكِنَّ بَعْضَ قُرَارَاتِ الْفَحْمِ الْمُهِّمَةِ فِي شِمَالِ أَوْرُپَا هِيَ أَحْدَثُ عَهْدًا بِكَثِيرٍ إِذْ تَكُونَتْ مِنْ خَشَبِ النَّبْتِ فِي بَدَايَاتِ الْحَقْبِ الثَّالِثِ مِنْذُ حَوَالِي ٤٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ.

تكوين الفحم

الْفَحْمُ صَخْرٌ رُسُوبِيٌّ حَيَوِيٌّ الْمَنْشَأُ تَكُونُ مِنْ بَقَايَا كَانَنَاتٍ حَيَّةٍ. فَمِنْذُ مِلْيَيْنِ السِّنِينَ، ذَوَتْ الْغَابَاتُ وَأَنْطَمَرَتْ فِي الْمُسْتَنْقَعَاتِ قَبْلَ أَنْ يَدْبَ الْإِنْجِلَالُ فِي أَخْشَابِهَا. وَمَعَ التَّحَجُّرِ الْبَطِيءِ لِيُحَوَّلَ تِلْكَ الْمُسْتَنْقَعَاتِ وَرُؤُوسِهَا، تَغَيَّرَ تَرَكِيبُ النَّبْتِ الدَّفِينِ. فَخَسِرَتْ مَقْوَمَاتُهُ، الْمُؤَلَّفَةُ مِنَ الْكَرْبُونِ وَالْهَيْدْرُوجِينِ وَالْأَكْسِجِينِ، مُعْظَمُ مَا فِيهَا مِنَ الْهَيْدْرُوجِينِ وَالْأَكْسِجِينِ تَارِكَةً قُرَارَةً مُرَكَّزَةً مِنَ الْكَرْبُونِ، هِيَ الْفَحْمُ.

تعددين الفحم

يُسْتَخْرَجُ الْفَحْمُ مِنْ مَنَاجِمِهِ بِالتَّعْدِينِ. فَإِذَا بَرَزَ عِرْقٌ أَوْ طَبَقَةٌ فَحْمِيَّةٌ بِمُسْتَوًى سَطْحِ الْأَرْضِ، يَقُومُ الْمُعْدِنُونَ بِخَفْرِ نَفَقٍ أَفْقِيٍّ يُسَمَّى مَنَجِمًا سَرِّيًّا. لَكِنَّ فِي أَغْلِبِ الْأَحْيَانِ، تُحْفَرُ الْأَنْفَاقُ عَمُودِيَّةً لِلْوُصُولِ إِلَى الْفَحْمِ تَحْتَ الْأَرْضِ فِيمَا يُعْرَفُ بِالْمَنَجِمِ الْبَثْرِيِّ. أَمَّا إِذَا تَوَاجَدَ الْفَحْمُ قَرِيبًا مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ، فَيُعَدَّنُ الْفَحْمُ بِنَزْعِ طَبَقَاتِ الْأُتْرِيَّةِ الَّتِي تُغْطِيهِ فِي حُفْرَةٍ تُعْدِنُ مَكْشُوفَةً (أَوْ سَطْحِيَّةً). لَاحِظْ فِي الصُّورَةِ الْمُقَابِلَةِ أَكْوَامَ الْفَحْمِ الْمُسْتَخْرَجِ فِي أَسْتْرَالِيَا.



المناجم الخطرة

خِلَالَ الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ، اعْتَمَدَتِ الثَّورَةُ الصَّنَاعِيَّةُ فِي أَوْرُپَا عَلَى الْفَحْمِ كَمَصْدَرٍ حَيَوِيٍّ لِلطَّاقَةِ. لَكِنَّ تَعْدِينَ الْفَحْمِ كَانَ عَمَلِيَّةً خَطِرَةً؛ فَكَانَ عَمَالُ الْمَنَاجِمِ حَتَّى الصَّبِيَّانِ مِنْهُمْ، يَعْمَلُونَ فِي ظُرُوفٍ مُرْعِبَةٍ مُرَوَّعَةٍ. ثُمَّ اخْتَرَعَ الْعَالِمُ، هَمْفَرِي دِيفِي، مِصْبَاحَهُ الْمَشْهُورَ «مِصْبَاحَ دِيفِي» كَتَبِيَّةٍ أَمَانٍ تُنْذِرُ بِبُلُوغِ الْغَازَاتِ دَاخِلَ الْمَنَجِمِ مُسْتَوًى الْخَطَرِ.



مِصْبَاحُ دِيفِي



مَوْقِعٌ لِاقْتِطَاعِ الْخُثِّ فِي جُزُرِ فُوكْلَانْدِ

تَنْمُو الْغَابَاتِ جَيِّدًا فِي أَجْوَاءِ الْمُسْتَنْقَعَاتِ

مَالُ هَذِهِ الْأَشْجَارِ بَعْدَ مَوَاتِهَا أَنْ تَتَغَطَّى بِمَوَادِّ مُسْتَنْقَعِيَّةٍ ثُمَّ تَنْضَغُطُ فِي طَبَقَةٍ تَحْتَ تَرْسِبَاتٍ تَالِيَةٍ.



الْخُثُّ

الخث

الْخُثُّ مَادَّةٌ لَيْفِيَّةٌ مَرَحِلِيَّةٌ فِي عَمَلِيَّةِ تَكُونِ الْفَحْمِ. فَالْخُثُّ دَائِمُ التَّكُونِ فِي جَمِيعِ الْمُسْتَنْقَعَاتِ فِي الْعَالَمِ حَالِيًّا، كَمَا سَابِقًا. وَيُسْتَخْدَمُ الْخُثُّ كَوُقُودٍ كَمَا يُضَافُ كَمُحَسِّنٍ غَنِيِّ لِلتُّرْبَةِ الزَّرَاعِيَّةِ.

بَيْنَمَا تُفْقِدُ الْمَوَادُّ النَّبَاتِيَّةُ الدَّفِينَةُ الْأَكْسِجِينَ تَنْضَغُطُ إِلَى مَادَّةٍ لَيْفِيَّةٍ هِيَ الْخُثُّ.

اللُّجْنَتِ

تُوَاصِلُ الْمَوَادُّ الْمُتَرَسِّبَةُ تَكَدُّسُهَا ضَاغِطَةً الْخُثُّ إِلَى صَخْرٍ. وَمَعَ تَزَايُدِ فَقْدِ الْخُثِّ لِلْأَكْسِجِينِ يَتَحَوَّلُ إِلَى فَحْمٍ طَرِيٍّ بُنْيِ اللَّوْنِ يُدْعَى اللَّجْنَتِ.



فَحْمٌ بَيْتُومِينِي



أَخِيرًا يَبْلُغُ أَنْضِغَاطُ الْخُثِّ الْخَشْبِيِّ مِنْ الشَّدَّةِ مَا يُحَوِّلُهُ إِلَى فَحْمٍ بَرَّاقٍ أَسْوَدَ مُتَرَاصٍّ هُوَ الْفَحْمُ الْبَيْتُومِينِي، أَكْثَرُ أَنْوَاعِ الْفَحْمِ أَسْتِخْدَامًا فِي الصَّنَاعَةِ.

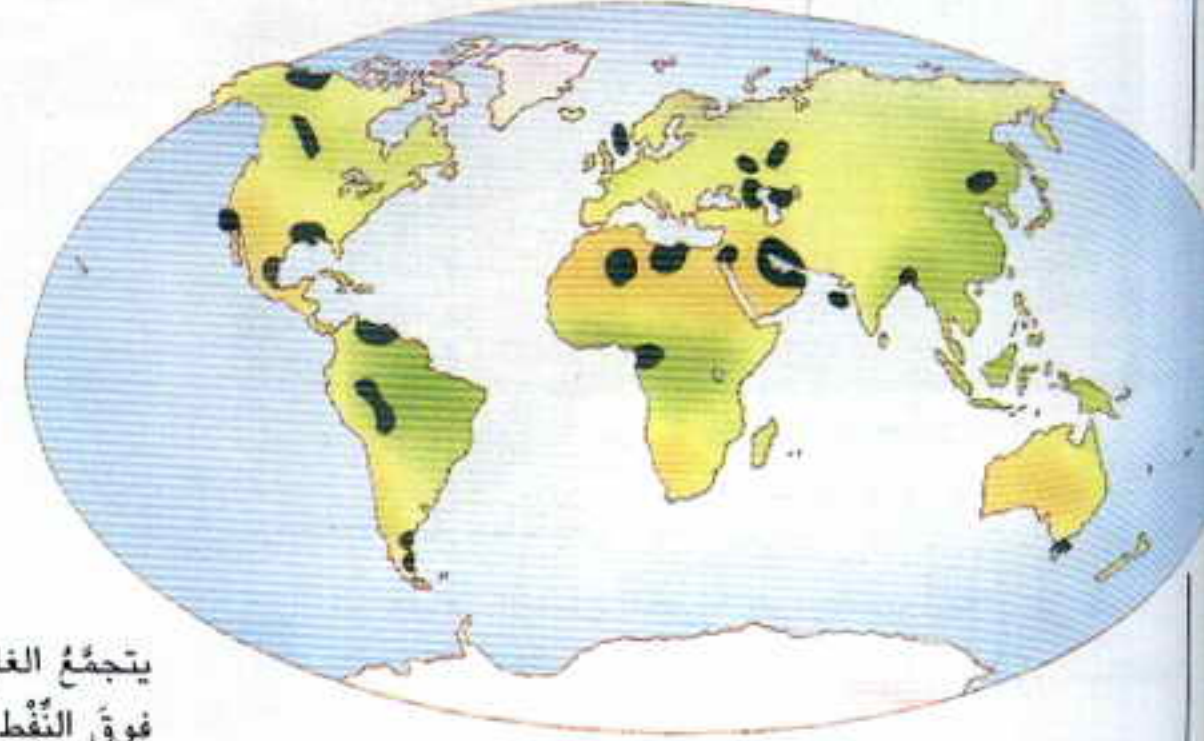
لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الكيمياء العضوية ص ٤١
- مُنتَجَاتُ الْفَحْمِ ص ٩٦
- بُنْيَةُ الْأَرْضِ ص ٢١٢
- الصُّخُورُ الرَّسُوبِيَّةُ ص ٢٢٣
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤

النَّفْطُ وَالْغَازُ

تُرى ماذا حَدَثَ لِلنباتات والحيوانات البَالِغَةِ الصَّغَرِ التي ماتت في البَحْرِ منذُ ملايين السنين؟ العُلَمَاءُ يَعْتَقِدُونَ أَنَّهَا تَحَوَّلَتْ إِلَى نَفْطٍ - هو الْوَقُودُ الذي يُسْتَخْدَمُ الْيَوْمَ في تسيير السَّيَّاراتِ وتشغيل المَصَانِعِ وتصنيع الكثير من الكيماويات المُفيدة. فالْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ التي تَجْمَعُ في قَاعِ الْبَحْرِ تَنْحَلُّ بِبطءٍ بِفعلِ الْبَكْتِيرِيَا؛ وعَمَلِيَّةُ التَّحَلُّلِ هذه تَطْلُقُ الْمِثَانَ أو الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ. وإذا سَخُنَتِ الْمَادَّةُ الْمُتَبَقِّيَّةُ فَإِنَّهَا تَتَفَكَّكُ إِلَى جُزْئِيَّاتٍ خَفِيفَةٍ تُسَمَّى هَيْدْرُوكَرْبُونَاتٍ تَنْسَرِبُ عَبْرَ الصَّخُورِ مُكَوِّنَةً تَجْمُعاتٍ نَفْطِيَّةً. ومع أَنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ هو نَاتِجٌ ثَانَوِيٌّ هُنَا، فَإِنَّ الْغَازَ الطَّبِيعِيَّ الْمُسْتَخْرَجَ مِنَ الصَّخُورِ، في أُمْكِنَةِ كَبْحَرِ الشَّامِلِ، هو في الْوَاقِعِ نَاتِجٌ مِنْ أَنْحِلَالِ الْفَحْمِ.

تَوَزُّعُ النَّفْطِ وَالْغَازِ الطَّبِيعِيِّ فِي الْعَالَمِ



خَارِطَةُ مَنَاطِقِ النَّفْطِ

النَّفْطُ الْمُسْتَخْرَجُ مِنْ حُقُولِ النَّفْطِ الرَّئِيسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ، مَصْدَرُهُ صَخُورٌ يَعُودُ تَارِيخُهَا إِلَى عَصْرَيْنِ: الْعَصْرِ الْأُرْدُويسِيِّ الدِّيُونِي (منذ ٤٠٠ إلى ٣٥٠ مليون سنة) والعَصْرِ الْجُورَاسِيِّ الْقَبَاشِيرِيِّ (منذ ٢٠٠ إلى ٦٥ مليون سنة).

مَكْمَنُ النَّفْطِ

الْمَادَّةُ الْحَيَوَانِيَّةُ الْمُتَجْمَعَةُ فِي الصَّخُورِ تَنْحَلُّ إِلَى قَطْرَاتٍ مِنَ النَّفْطِ تَطْفُو فَوْقَ الْمِيَاهِ الْجَوْفِيَّةِ. وَكَوْنُهَا أَقْلُ كَثَافَةً مِنَ الْمَاءِ، تُتَابِعُ الْقَطْرَاتُ نَفَادَهَا صُعْدًا عَبْرَ مَسَامِ الصَّخْرِ حَتَّى تَبْلُغَ طَبَقَةً صَمَاءً كَثِيمَةً تَحْتِسِبُهَا، تُسَمَّى صَخْرَ الْغِطَاءِ، فَتَجْمَعُ هُنَاكَ مُكَوِّنَةً مَكْمَنًا نَفْطِيًّا.

نَظَرِيَّةٌ بَدِيلَةٌ

بِالرَّغْمِ مِنْ تَوَافُقِ مُعْظَمِ الْعُلَمَاءِ عَلَى أَنَّ النَّفْطَ قَدْ تَكَوَّنَ مِنْ كَائِنَاتٍ حَيَّةٍ، فَإِنَّ هُنَاكَ نَظَرِيَّةً تَقُولُ بِأَنَّهُ تَكَوَّنَ بِالْفِعْلِ مِنْ صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ. وَقَدْ يَأْتِي إِثْبَاتُ ذَلِكَ أَوْ دَخْضُهُ مِنْ بَثْرِ يَجْرِي حَقْرِهَا هَالِيًا بِالسُّوَيْدِ فِي صَخُورٍ مُتَحَوِّلَةٍ.

اِخْتِبَارُ الْخَفْرِ فِي
بُحِيرَةِ سِيلْجَانِ،
بِالسُّوَيْدِ



مِنْصَّةُ الْإِنْتِاجِ

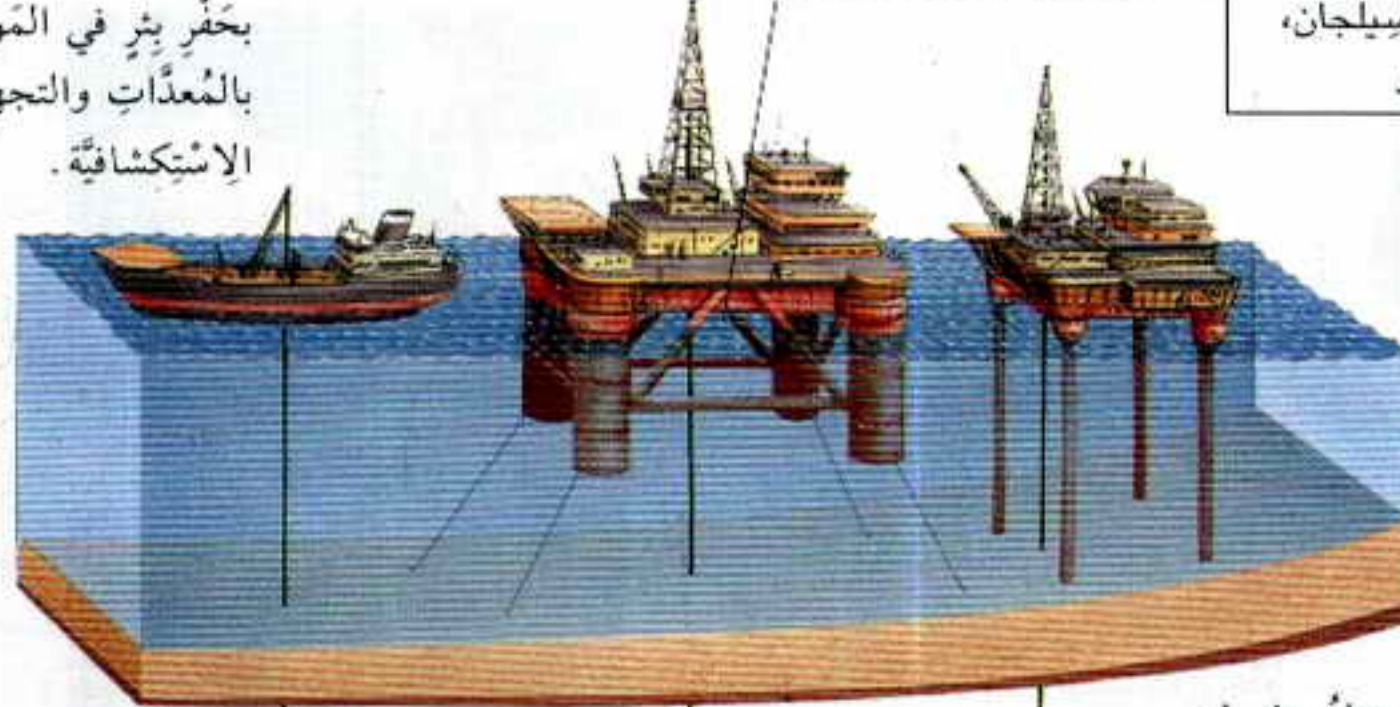
عِنْدَ إِثْبَاتِ وُجُودِ كَمِيَّةٍ مِنَ النَّفْطِ مُجَدِيدَةٍ اِقْتِصَادِيًّا، يُضَارُّ إِلَى اسْتِخْرَاجِهَا بِوَاسِطَةِ مِنْصَّةٍ إِنتَاجٍ. وَمِنْ الْمِنْصَّةِ تُحْفَرُ الْبُئْرُ فِي صَخُورِ الْمَكْمَنِ، وَيُضَخُّ النَّفْطُ إِلَى السَّطْحِ حَيْثُ يَجْرِي نَقْلُهُ عَبْرَ الْأَنْبِيَابِ أَوْ النَاقِلَاتِ إِلَى مَعْمَلِ تَكْرِيرٍ (أَوْ مَصْفَاةٍ).

يُسْتَخْدَمُ جِهَازُ حَقْرِ ذُو
مِرْفَاعٍ فِي الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ
نَوْعًا. وَتَحْمِلُهُ قَوَائِمُ
تَمْتَدُّ إِلَى قَاعِ الْبَحْرِ.

فِي الْمِيَاهِ الْأَعْمَقِ يُسْتَخْدَمُ جِهَازٌ ذُو قَوَائِمٍ
صَامِدَةٍ لِلشَّدِّ. وَهُوَ يَطْفُو، لَكِنَّهُ مُثَبَّتٌ فِي
قَاعِ الْبَحْرِ بِالْأَرَبِطَةِ وَالشَّدَادَاتِ.

تُسْتَخْدَمُ السُّفُنُ لِلْحَقْرِ فِي الْمِيَاهِ
الْعَمِيقَةِ جَدًّا. فَيُرَكَّبُ جِهَازُ الْخَفْرِ
عَبْرَ ثَقْبٍ فِي هَيْكَلِ السُّفِينَةِ.

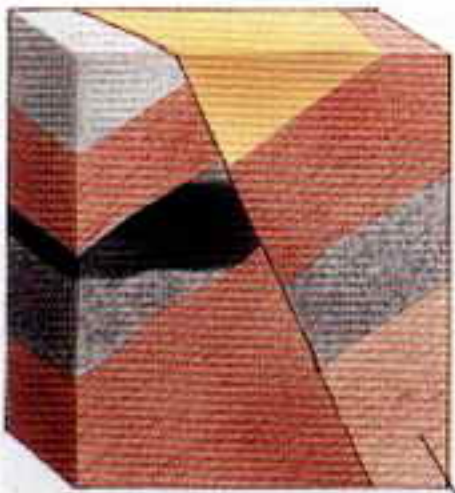
يَطْفُو جِهَازُ النَّفْطِ خَفِيفًا فِي
الْمَاءِ كَيْلَا يَتَأَثَّرَ بِالْأَمَوَاجِ.



صَخْرٌ كَثِيمٌ لَا يَنْفُذُ مِنْهُ النَّفْطُ،
فِيُخْتَبَسُ النَّفْطُ تَحْتَهُ.

صَخْرٌ مَسَامِيٌّ
يَنْفُذُ مِنْهُ النَّفْطُ.

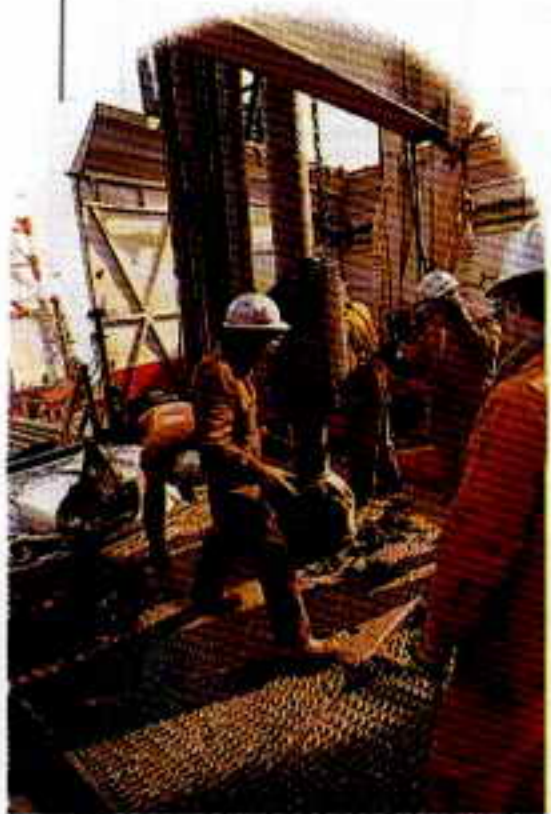
يَتَجْمَعُ النَّفْطُ فِي صَخْرِ
مَسَامِيٍّ يُخْتَبَسُ فِيهِ، يُدْعَى
مَكْمَنًا. وَيُخْتَبَسُ النَّفْطُ عَادَةً
فِي صَخْرِ كَثِيمٍ لَا يَنْفُذُ مِنْهُ.



يَتَكَوَّنُ الْمَخْبِيسُ الْمَقْرَدُ عِنْدَمَا يَنْصُدُّ
صَخْرٌ الْمَكْمَنِ قِبَالَ صَخْرِ آخَرٍ.
فِي مَخْبِيسٍ طَبَقِيٍّ، تُطْمَرُ طَبَقَاتُ
مُتَغَرِّلَةٍ مِنَ الصَّخْرِ الْمَسَامِيِّ فِي
صَخْرِ كَثِيمٍ. فَإِذَا مَالَتْ تِلْكَ
الطَبَقَاتُ يَتَجْمَعُ النَّفْطُ فِي أَطْرَافِهَا.

مُعَدَّاتُ الْاِسْتِكْشَافِ

تُعَيَّنُ مَكَامِنُ النَّفْطِ الْمُحْتَمَلَةُ
بِدِرَاسَةِ سَطْحِ الْأَرْضِ بِطَرِيقَةِ
التَّحْسُّسِ الْبُعَادِيِّ. فَتُرْسَلُ أَمَوَاجُ
صَوْتِيَّةٌ إِلَى بَاطِنِ الْأَرْضِ وَتُسَجَّلُ
أَنْعِكَاسَاتُهَا وَتُدْرَسُ. لَكِنْ وُجُودُ
النَّفْطِ لَا يُمَكِّنُ إِثْبَاتَهُ فِعْلًا إِلَّا
بِحَقْرِ بَثْرِ فِي الْمَوْقِعِ. وَيَتِمُّ ذَلِكَ
بِالْمُعَدَّاتِ وَالتَّجْهِيزَاتِ
الْاِسْتِكْشَافِيَّةِ.

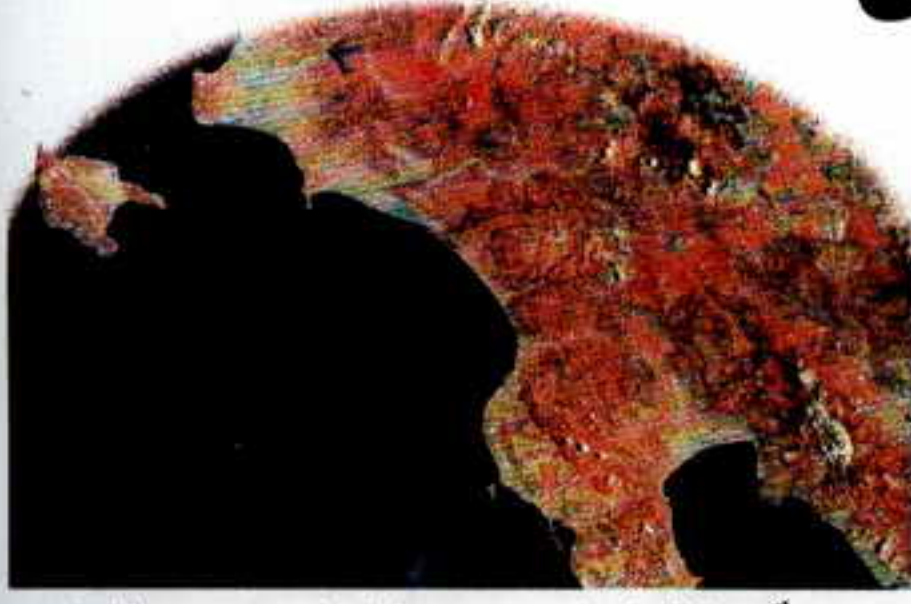


عُمَالُ تَجْهِيزَاتِ الْاِسْتِكْشَافِ
فِي بَحْرِ الشَّامِلِ

لِزِيْدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الكِيمِيَاءُ الْعُضْوِيَّةُ ص ٤١
- صِنَاعَةُ الْكِيمَاوِيَّاتِ ص ٨٢
- مُتَّجَاتُ الْغَازِ ص ٩٧
- مُتَّجَاتُ النَّفْطِ ص ٩٨
- الْبَحَارُ وَالْمُحِيطَاتُ ص ٢٣٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤

رَسْمُ خَرَائِطِ الْأَرْضِ



صورةً ساتليّةً لِشِبْهِ جزيرةٍ بُولِيْئِنْسُ بِجَنُوبِ الْيُونانِ

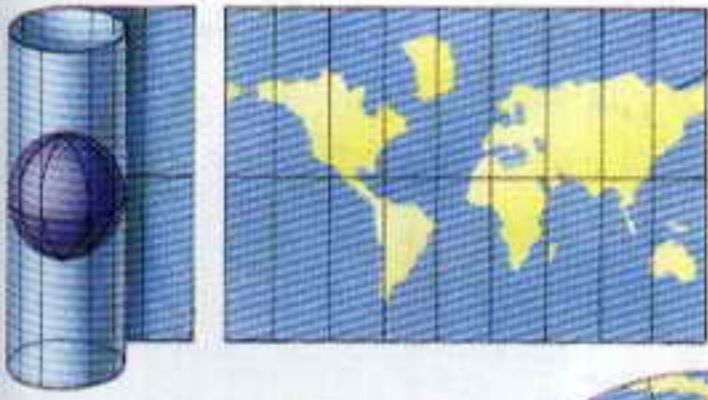
خَرِيطَةُ سَاتِلِيَّةٌ

إنَّ تَقْنِيَّاتِ الْفَضَاءِ الْحَدِيثَةِ قَدْ أَحْدَثَتْ أَنْقِلَابًا فِي فُنُونِ الْخَرَائِطِيَّةِ، فَأَصْبَحَتْ الْخَرَائِطُ تُرَسَّمُ مِنَ الصُّوَرِ الْمُتَقَطِّعَةِ بِوَسْطَةِ السَّوَاتِلِ، مُبَيِّنَةً شَكْلَ الْأَرْضِ كَمَا يَبْدُو مِنَ الْفَضَاءِ. وَبِسَبَبِ حَسَاسِيَّةِ السَّوَاتِلِ الْفَائِقَةِ، فَإِنَّهَا تَسْتَطِيعُ التِّقَاطُ تَفَاصِيلَ دَقِيقَةٍ - كَأَنْوَاعِ الزَّرْعِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ الْعَالَمِ، وَمُسْتَوِيَّاتِ الْحَرَارَةِ الْمُتَبَعَّةِ مِنَ الْمَصَانِعِ.

الْخَرَائِطُ

الْخَرِيطَةُ صُورَةٌ مُصَمَّمةٌ لِتَبْيَانِ الْمَلَامِحِ الطَبِيعِيَّةِ أَوْ الْحُدُودِ السِّيَاسِيَّةِ لِمَنْطِقَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ. وَالْخَرَائِطُ عَلَى أَنْوَاعٍ تَبَعًا لِأَغْرَاضِ اسْتِخْدَامِهَا. فَخَرَائِطُ الطَّرِيقِ مَثَلًا، تُرَكِّزُ عَلَى الطَّرِيقِ وَتَفَرُّعَاتِهَا، وَتُمَثِّلُ أَنْوَاعَهَا بِرُؤُوسٍ مُخْتَلِفَةٍ. أَمَّا الْخَرَائِطُ السِّيَاسِيَّةُ فَتُرَكِّزُ عَلَى الْحُدُودِ السِّيَاسِيَّةِ وَالتَّقْسِيمَاتِ الرَّسْمِيَّةِ وَالْإِدَارِيَّةِ.

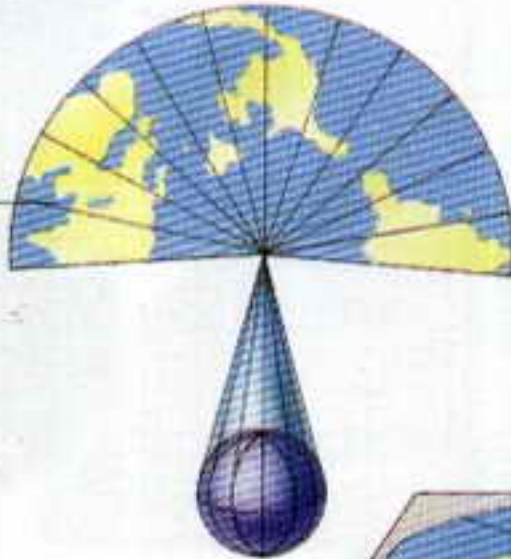
مَسْقَطُ أَشْطُوَانِي



فِي الْمَسْقَطِ الْأَشْطُوَانِي، يُتَخَيَّلُ لَفُّ الْوَرَقَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ، مُلَاسِمَةً خَطَّ الْاِسْتِوَاءِ. فَالْخَارِطَةُ الْمُسْقَطَةُ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ تُبَيِّنُ الشَّمَالَ دَائِمًا فِي أَعْلَى الْخَارِطَةِ، لَكِنَّ الْمِسَاحَاتِ فِيهَا مُشَوَّهَةٌ بِالتَّسْطِيعِ.

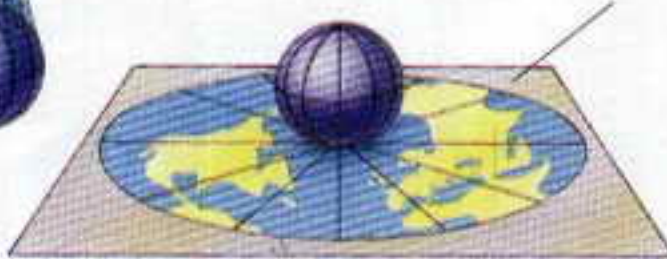
مَسْقَطُ مَخْرُوطِي

فِي الْمَسْقَطِ الْمَخْرُوطِي تُشَكَّلُ الْوَرَقَةُ التَّخَيَّلِيَّةُ مَخْرُوطًا مُلَاسِمًا الْأَرْضَ عَلَى أَمْدَادِ خَطِّ غَرْضٍ مُعَيَّنٍ. إِنَّ الْخَارِطَةَ الْمَرْسُومَةَ بِهَذِهِ الطَّرِيقَةِ هِيَ الْأَقْلُ تَشْوِيْهَا فِي الْمِسَاحَاتِ.



فِي الْمَسْقَطِ السَّمْتِي، تُلَاسِمُ الْوَرَقَةُ الْكُرَّةَ الْأَرْضِيَّةَ فِي نَقْطَةٍ وَاحِدَةٍ. وَإِذَا كَانَتْ تِلْكَ النُّقْطَةُ الْقُطْبُ، فَخُطُوطُ الطُّولِ عِنْدَئِذٍ تَظْهَرُ بِزَوَايَاهَا الصَّحِيحَةِ.

مَسْقَطُ سَمْتِي



خَارِطَةُ بَيْتَرْز

صَمَّمَ هَذِهِ الْخَارِطَةَ آرْتُوسُ بَيْتَرْزُ عَامَ ١٩٧٧؛ وَهِيَ تُبَيِّنُ الْقِيَاسَاتِ الْحَقِيقِيَّةَ لِلْقَارَاتِ. لَكِنَّ حَتَّى يَتَوَصَّلَ بَيْتَرْزُ إِلَى تَحْقِيقِ ذَلِكَ، كَانَ لَا بُدَّ مِنْ مَقِّ أَشْكَالِ الْقَارَاتِ.

التَّصْوِيرُ الْجَوِّي

صُورَةٌ جَوِّيَّةٌ مُلْتَقَطَةٌ مِنَ الطَّائِرَةِ تُمَثِّلُ مَنْظَرًا عَامًّا لِمَنْطِقَةٍ. لَكِنَّ هَذِهِ الصُّورَةَ لَا تُبَيِّنُ الرُّؤُوسَ الْاِصْطِلَاحِيَّةَ الَّتِي تَجْعَلُ الْخَارِطَةَ صَالِحَةً لِلِاسْتِعْمَالِ، كَالْخَارِطَةِ أَعْلَاهُ.

دَلِيلُ الرُّؤُوسِ



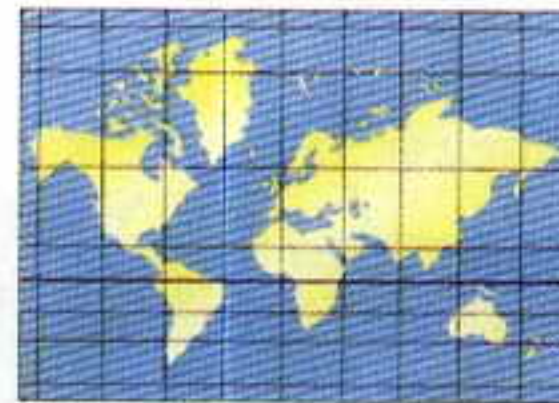
غَمِنَتْ فِي
النَّمْسَا



مِرْكَاتُور

الْمَسْقَطُ الْمِرْكَاتُورِي، الَّذِي نُشِرَ لِلْمَرَّةِ الْأُولَى عَامَ ١٥٦٩، أَساسُهُ الْمَسْقَطُ الْأَشْطُوَانِي. وَلَمَّا كَانَتْ الْإِتِّجَاهَاتُ فِيهِ غَيْرَ مُشَوَّهَةٍ، فَإِنَّ هَذَا الْمَسْقَطَ مُفِيدٌ فِي الْمَلَاخَةِ وَخَرَائِطِ الْأَرْضَادِ الْجَوِّيَّةِ - حَيْثُ اتِّجَاهَاتُ الرِّيحِ بِالْعُذَّةِ الْأَهْمِيَّةِ. لَكِنَّ تَشَوُّهُ الْمِسَاحَاتِ كَبِيرٌ جَدًّا فِيهِ، حَتَّى إِنَّ جَرِينْلَنْدَ تَبْدُو بِحَجْمٍ إِفْرِيْقِيَّةٍ أَوْ أَكْبَرَ قَلِيلًا، بَيْنَمَا تُساوِي هِيَ فِي الْوَاقِعِ حَوَالِي ١/٢ مِنْ مِسَاحَةِ إِفْرِيْقِيَّةٍ.

مَسْقَطُ مِرْكَاتُور



عَالِمُ الْجُغْرَافِيَّةِ، الْبَلْجِيكِي
جِيْرَارْدُوسُ مِرْكَاتُور، الْمَوْلُودُ
جِيْرْهَارْدُ كَرِيْمَر (١٥١٢-١٥٩٤).

مَسَاقِطُ الرَّسْمِ

لِكَيْ نَعْرَضَ سُطُوحَ الْأَرْضِ الْمُقَوَّسَةِ عَلَى وَرَقَةٍ مُسَطَّحَةٍ بِدَقَّةٍ، نَسْتَخْدِمُ تَقْنِيَّةَ الْإِسْقَاطِ. تَخَيَّلْ أَنَّ الْأَرْضَ شَفَافَةً وَأَنَّ فِي مَرْكَزِهَا صَوًّا يُلْقَى ظِلَالًا لِمَعَالِمِ سَطْحِ الْأَرْضِ عَلَى وَرَقَةٍ مُوضَّعَةٍ قُرْبَهَا. فَالظِّلُ السَّاقِطُ عَلَى الْوَرَقَةِ هُوَ أَساسُ تِلْكَ الْخَارِطَةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

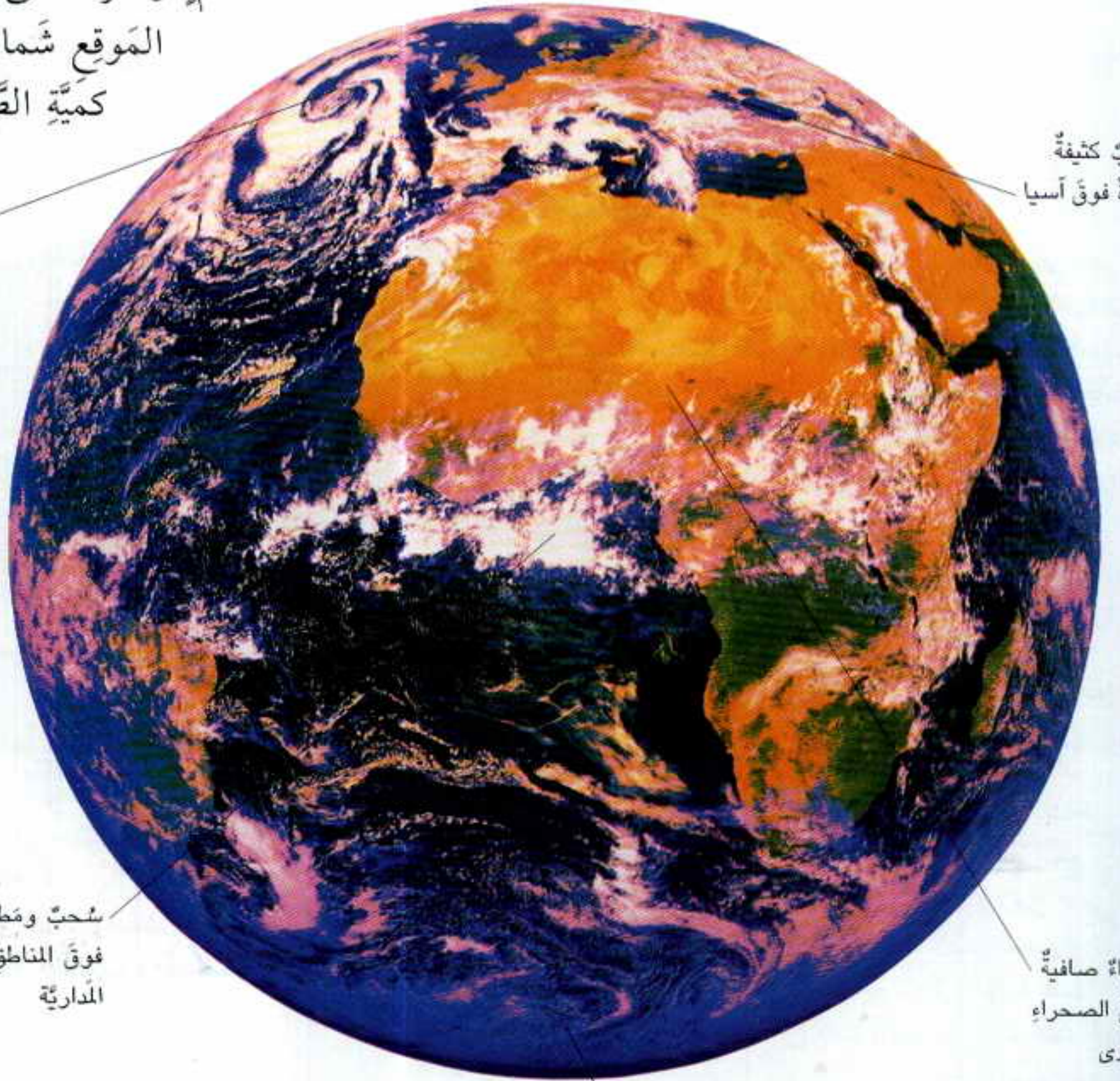
- التَّلْسُكُوبَاتُ الْأَرْضِيَّةُ ص ٢٩٧
- تِلْسُكُوبَاتُ الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
- السَّوَاتِلُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠
- السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١
- الْمَحْطَّاتُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٤

الطقس

حياة الناس جميعاً تتأثر بالطقس - ماذا يأكلون ويشربون، وماذا يلبسون وكيف يتصرفون وما أنواع بيئاتهم وأشكال منازلهم. حتى طبيعة الأرض تتأثر وتشكل بعوامل الطقس؛ فالرياح والمطر والثلج والجليد كلها عوامل تحت الصخور والجبال. الطقس جزء من عالمنا - إنه حالة الهواء في أي مكان وزمان؛ وقد يكون حاراً أو بارداً، عاصفاً أو ساكناً، رطباً أو جافاً. في بعض المناطق يتغير الطقس بين يوم وآخر؛ وفي مناطق أخرى قلماً يتغير على مدار العام. وجُملة أحوال الطقس لمنطقة بين عام وآخر تُسمى المناخ. ويعتمد المناخ أساساً على بُعد الموقع شمالاً أو جنوباً عن خط الاستواء وبالتالي على كمية الطاقة الشمسية التي يتلقاها.



المطر
سكان المناطق المطيرة يعرفون أن الجو الملبّد بالسحب الرمادية السوداء يُبشّر بالمطر. فالسحب المُرَبّة كثيفة تعبق بالمطر بحيث تصد أشعة الشمس. وكلما ازدادت الغيوم كثافة وسواداً ازدادت كمية الأمطار المحتمل سقوطها.



سحب كثيفة
ملبدة فوق آسيا

سحب دوامية في
منخفض ضغطي



المناطق المشمسة

المناطق ذات الطقس الأكثر حرارة في العالم هي الصحارى الجافة البعيدة قليلاً عن خط الاستواء - حيث الأجواء خلّو من السحب الدّاكنة التي تحجب سفع الشمس. فالأجواء في الصحراء الكبرى في إفريقيا صافية لا غيم فيها طوال أيام السنة تقريباً.

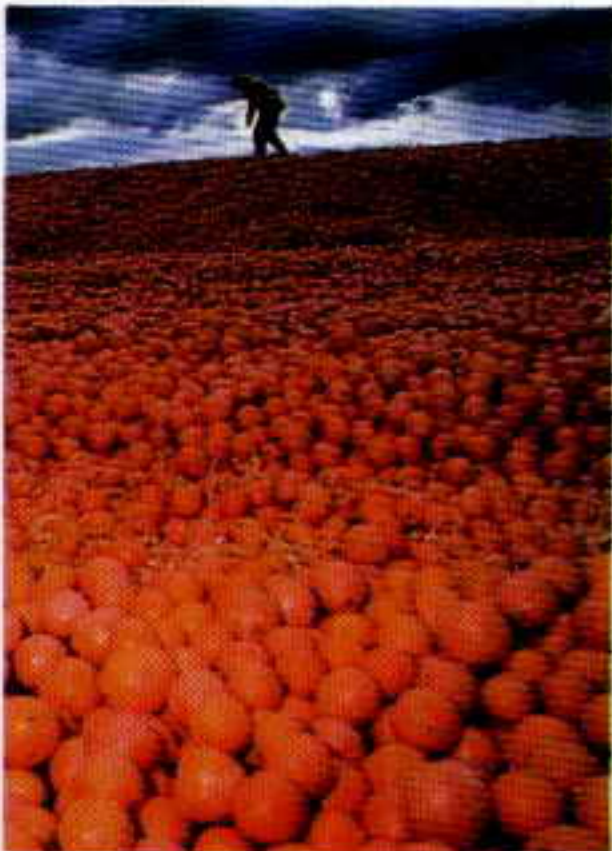
سحب ومطر
فوق المناطق
المدارية

أجواء صافية
فوق الصحراء
الكبرى

أجواء صافية فوق
القارة القطبية الجنوبية

تلف المحاصيل

هبوب الرياح العاتية وسقوط الأمطار الغزيرة وأنهمار البرد أنباء سيئة للمزارعين لأنها تُلّف مَزروعاتهم ومحاصيلهم. لذا يُحاول المُتنبئون بأحوال الطقس تحذير المزارعين من الطقس السيئ كي يتخذوا ما يُمكنهم من الاحتياطات. هذه الأكوام الضخمة من البرّيقال في كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، تُلّف بسوء الأحوال الجوية، فعادت لا تصلح للبيع.



إله الشمس

كثير من أهل الحضارات القديمة عبدوا آلهة خاصة لاعتقادهم أنها المسؤولة عن أحوال الطقس. فعشائر الأزيك في المكسيك عبدوا إله الشمس ثوناتونخ طمعا في نور شمسهِ لانضاج محاصيلهم. فبدون ما يكفي من هذا الضياء كانت تتناقص محاصيلهم ويُحق بهم المجاعة. فتوناتونخ، وما يُمثله، كان مهماً جداً لهنود الأزيك حتى إنهم شيدوا له المعابد وقدموا له القرابين البشرية ليشده جرسهم على أسيرضائه.



شعُّ الشَّمْسِ

يُقدَّرُ العلماءُ أَنَّهُ لو تَحَاطَّ الشَّمْسُ بِغِلاَفٍ مِنَ الْجَلِيدِ سُمُّكَه ١,٥ كم، فحرارتها المُشعَّة ستَصْهَرُ الْجَلِيدَ كُلَّهُ فِي سَاعَتَيْنِ وَبِضْعِ دَقَائِقٍ. وَمَصْدَرُ هَذِهِ الطَّاقَةِ الْحَرَارِيَّةِ هُوَ التَّمَاعِلَاتُ النَّوَوِيَّةُ فِي بَاطِنِ الشَّمْسِ. وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ عَلَى سَطْحِ الشَّمْسِ حِوَالَى ٦٠٠٠°س؛ وَهِيَ تُشِعُّ طَاقَتَهَا فِي جَمِيعِ الْإِتْجَاهَاتِ؛ وَيَعْتَمِدُ طَقْسُنَا وَمَنَاخُنَا عَلَى هَذِهِ الطَّاقَةِ. الشَّمْسُ هَائِلَةٌ الْحَجْمِ، إِذْ يُمَكِّنُهَا أُسْتِيعَابُ مِلْيُونِ كَوَكَبٍ بِحَجْمِ الْأَرْضِ فِي دَاخِلِهَا؛ وَهِيَ تَبْدُو لَنَا صَغِيرَةً لِأَنَّهَا تَبْعُدُ عَنِ الْأَرْضِ ١٥٠ مِلْيُونِ كَم. وَرُغْمَ هَذَا الْبُعْدِ فَنُورُ الشَّمْسِ بَاهِرٌ جِدًّا بِحَيْثُ يَجِبُ عَدَمُ النَّظَرِ إِلَيْهَا مُبَاشَرَةً؛ لِأَنَّ ذَلِكَ يُؤْذِي الْعَيْنَيْنِ.

دَوْرَةُ الْجَفَافِ

يَعْتَقِدُ بَعْضُ الْعُلَمَاءِ أَنَّ الْبُقْعَ الشَّمْسِيَّةَ تُؤَثِّرُ فِي الطَّقْسِ. فِي بَعْضِ أَنْحَاءِ الْعَالَمِ، تَكَرَّرُ شُخُ الأمطارِ دَوْرِيًّا كُلَّ ٢٢ سَنَةٍ تَقْرِيْبًا (أَي فِتْرَةٌ دَوْرَتَيْنِ مُتَتَالِيَتَيْنِ لِلْبُقْعِ الشَّمْسِيَّةِ) مُسَبِّبًا جَفَافًا وَفَحَقًا شَدِيدَيْنِ. وَقَدْ أَصَابَ ذَلِكَ أَمْرِيكَا الشَّمَالِيَّةَ فِي الثَّلَاثِيْنِيَّاتِ وَفِي الْخَمْسِيْنِيَّاتِ وَفِي السَّبْعِيْنِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعِشْرِينَ. وَإِذَا صَحَّتْ نَظَرِيَّةُ الْبُقْعِ الشَّمْسِيَّةِ فَيَتَوَقَّعُ تَكَرُّارُ هَذَا الشُّخُ أَوَاخِرَ الثَّلَاثِيْنِيَّاتِ مِنْ هَذَا الْقَرْنِ. وَمَعْلُومٌ أَنَّهُ بِأَنْجَبَاسِ الْأَمْطَارِ تَنْضُبُ الْأَنْهَارُ وَقَدْ تَجَفَّتْ.

إِدْوَارْدُ مُونْدَر

دَهِشَ عَالِمُ الْفَلَكِ الْبَرِيطَانِيَّ،

إِدْوَارْدُ مُونْدَر (١٨٥١-١٩٢٨)،

عِنْدَمَا وَجَدَ أَنَّ

السَّجَلَاتِ الْمُؤَرَّخَةَ لِنَشَاطِ

الشَّمْسِ تُبَيِّنُ أَعْدَادَ الْبُقْعِ

الشَّمْسِيَّةِ فِي الْفِتْرَةِ بَيْنَ عَامِي

١٦٤٥ وَ ١٧١٥، الْمَعْرُوفَةِ الْآنَ

بِأَدْنَوِيَّةِ مُونْدَر. وَفِي الْفِتْرَةِ نَفْسِهَا،

كَانَ الْبَرْدُ فِي أَوْرُبَا مِنَ الشَّدَّةِ بِحَيْثُ عُرِفَتْ تِلْكَ الْفِتْرَةُ

«بِالْعَصْرِ الْجَلِيدِي الصَّغِيرِ». وَقَدْ تَزَوَّجَ مُونْدَرُ مِنْ

مُسَاعِدَتِهِ أَنِّي رَسِيلٍ وَعَمَلًا مَعًا؛ فَكَانَتْ إِحْدَى أَوَّلِي

عَالِمَاتِ الْفَلَكِ فِي الْعَالَمِ. وَكَانَ لِحُجَّتِهَا الْخَاصَّةِ

فَضْلٌ فِي شَهْرَتِهَا.



عَوَامِلُ التَّحَكُّمِ فِي الطَّقْسِ

أَحْوَالُ الطَّقْسِ تَحْكُمُهَا حَرَارَةُ الشَّمْسِ الَّتِي تُبْقِي الْهَوَاءَ فِي حَرَكَةٍ دَائِمَةٍ. فَعِنْدَمَا يَسْحُنُ سَطْحُ الْأَرْضِ، يَسْحُنُ الْهَوَاءَ الَّذِي يَلَامِسُهُ فَيَرْتَفِعُ، وَيَحُلُّ مَحَلَّهُ هَوَاءٌ بَارِدٌ؛ وَهَذَا يُثِيرُ الرِّيحَ. كَذَلِكَ فَإِنَّ حَرَارَةَ الشَّمْسِ تُبَخِّرُ الْمَاءَ مِنَ الْبَحَارِ فَتَتَكَوَّنُ السَّحُبُ وَهَذِهِ تُسْقِطُ رُطُوبَتَهَا مَطَرًا عِنْدَمَا تَبْرُدُ.



قَطْرُ الشَّمْسِ

١٠٨ أضعاف

قَطْرُ الْأَرْضِ؛ لَكِنْ

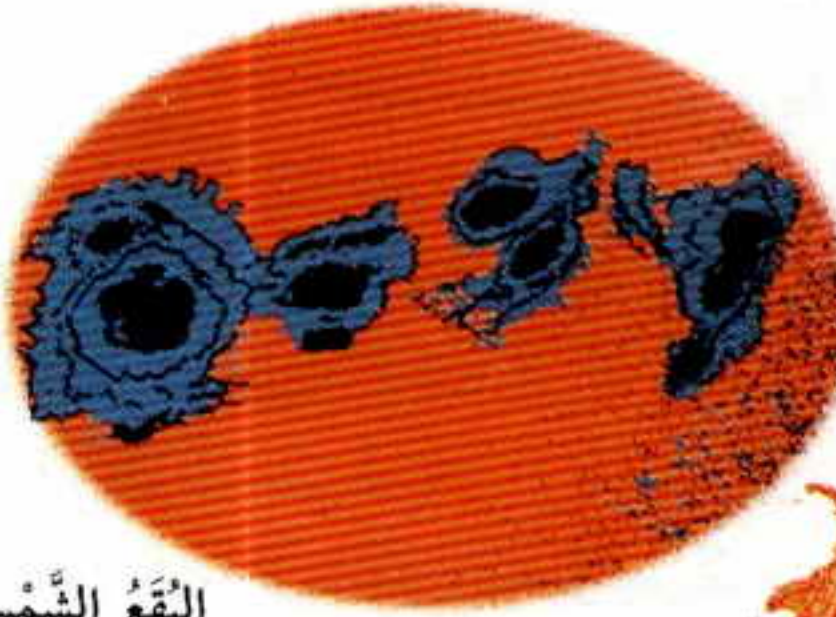
الْأَرْضُ كَرَّةٌ صَخْرِيَّةٌ

جَامِذَةٌ فِيمَا الشَّمْسُ كَرَّةٌ

غَازِيَّةٌ حَارَّةٌ.

تَرْكِيزُ شَعِّ الشَّمْسِ

يُمْكِنُ تَرْكِيزُ قُدْرَةِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ بِوَاسِطَةِ عَدْسَةٍ مُكَبِّرَةٍ عَادِيَّةٍ تَحْرُقُ ثَقُوبًا فِي قِطْعَةٍ مِنَ الْوَرَقِ. (الْأَحْدَاثُ لَا يَحَاوِلُونَ ذَلِكَ دُونَ إِشْرَافِ الرَّاشِدِينَ). وَفِي الْأَقْطَارِ الْجَاقَةِ الْحَارَّةِ، تُسْتَخْدَمُ مَرَايا مُقَوَّسَةٌ خَاصَّةٌ لِتَرْكِيزِ أَشِعَّةِ الشَّمْسِ لِإِحْمَاءِ «الْوَحْ تَسْخِينٍ» يُسْتَعْمَلُ مَوْقِدًا لِلطَّلْنِ.



الْبُقْعُ الشَّمْسِيَّةُ

تُشَاهَدُ أحيانًا بُقْعٌ دَاكِئَةٌ عَلَى سَطْحِ الشَّمْسِ تَقِلُّ دَرَجَةُ حَرَارَتِهَا عَنِ بَاقِي سَطْحِ الشَّمْسِ الْمُضِيءِ، فَيَبْلُغُ حِوَالَى ٤٠٠٠°س. تَوْجَدُ فِي هَذِهِ الْبُقْعِ مَجَالَاتٌ مِغْنَطِيسِيَّةٌ؛ وَيَتَبَايَنُ عَدْدُهَا، زِيَادَةً وَنَقْصَانًا، فِي فِتْرَاتٍ دَوْرِيَّةٍ كُلُّ ١١ سَنَةٍ. الصُّورَةُ أَعْلَاهُ التَّقَطُّتُ فِي ١ أَيْلُول (سِبْتَمْبَر) عَام ١٩٨٩، قَبْلَ بَضْعَةِ أَشْهُرٍ مِنَ النَّشَاطِ الْأَفْصَى لِلْبُقْعِ الشَّمْسِيَّةِ.



لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

الْمُنَاحَاتُ الْمُتَغَيِّرَةُ ص ٢٤٦

الرِّيحُ ص ٢٥٤

تَكَوُّنُ السَّحُبِ ص ٢٦٢

الْمَطَرُ ص ٢٦٤

الشَّمْسُ ص ٢٨٤

الْأَرْضُ ص ٢٨٧

الفصول

تَدَوُّمُ الأرضِ حَوْلَ مِحْوَرِهَا (كالخُذْرُوف) فيما هي تَدَوِّرُ حَوْلَ الشَّمْسِ في مَدَارٍ بَيْضِيّ الشَّكْلِ، مُتَمَمَّةُ الدَّوْرَةِ الكَامِلَةِ في ٣٦٥,٢٦ يومًا. ويميلُ مِحْوَرُ الأرضِ على مُسْتَوَى الفَلَكِ ٢٣,٥°، بِحَيْثُ إِنَّ هَذَا المَيْلَ يَكُونُ نَحْوَ الشَّمْسِ في نِصْفِ الكُرَةِ الشَّمَالِي عِنْدَمَا الأرضُ في جَانِبٍ مِنَ الشَّمْسِ، وَبَعْدَ سِتَّةِ أَشْهُرٍ، حِينَ الأرضُ في الجَانِبِ الآخَرِ مِنَ الشَّمْسِ، يُصْبِحُ المَيْلُ نَحْوَ نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيّ. ففِي النِّصْفِ المَائِلِ نَحْوَ الشَّمْسِ تَرْتَفِعُ الشَّمْسُ عَالِيًا فِي كَبِدِ السَّمَاءِ وَتَكُونُ الأَيَّامُ طَوِيلَةً (بِنَهْرِهَا) وَالطَّقْسُ حَارًّا، وَالْفَصْلُ صَيْفًا. بَيْنَمَا فِي نِصْفِ الكُرَةِ المُقَابِلِ، الحَائِدِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ارْتِفَاعُ الشَّمْسِ أَخْفَضَ فِي تَكْبِيدِهَا السَّمَاءِ، وَالْأَيَّامُ أَقْصَرُ وَأَبْرَدُ، وَالْفَصْلُ شِتَاءً.



شَمْسُ مُنْتَصَفِ اللَّيْلِ

فِي المَنَاطِقِ القَرِيبَةِ مِنَ القُطْبِ الشَّمَالِي لَا تَغِيبُ الشَّمْسُ خِلَالَ فَصْلِ الصَّيْفِ عَلَى مَدَى عِدَّةِ أَشْهُرٍ. ففِي بُلْدَانِ، كَنُيْلَنْدَا، يَكُونُ نَهَارٌ لِمُدَّةِ ٢٤ سَاعَةً، وَذَلِكَ بِسَبَبِ مَيْلِ مِحْوَرِ الأرضِ. وَتُسَمَّى هَذِهِ مَنَاطِقُ شَمْسٍ مُنْتَصَفِ اللَّيْلِ. وَبَيْنَمَا يَكُونُ فِي القُطْبِ الشَّمَالِي نَهَارٌ دَائِمٌ، يَكُونُ لَيْلٌ دَائِمٌ فِي القُطْبِ الجَنُوبِيّ أَوْ أَمِيطُ الشِّتَاءِ حَيْثُ لَا تَطْلُعُ الشَّمْسُ مُطْلَقًا. وَتَعَكِّسُ الحَالُ فِي السِّتَةِ الأَشْهُرِ التَّالِيَةِ.

الأرضُ تَدَوِّمُ مَائِلَةً

تَدَوِّمُ الأرضُ حَوْلَ مِحْوَرِهَا (وَهُوَ خَطُّ وَهْمِيٍّ عَبْرَ قُطْبَيْهَا الشَّمَالِيّ وَالْجَنُوبِيّ). وَهَذَا المِحْوَرُ لَيْسَ عَمُودِيًّا عَلَى مُسْتَوَى مَدَارِ الأرضِ حَوْلَ الشَّمْسِ، بَلْ يَمِيلُ عَنْهُ كَمَا أَسْلَفْنَا بِـ ٢٣,٥°. وَهَكَذَا فَإِنَّ أَحَدَ نِصْفَيِ الكُرَةِ الأَرْضِيَّةِ يَتَلَقَّى إِشْعَاعَ الشَّمْسِ أَكْثَرَ مِنَ النِّصْفِ الآخَرِ، وَبِالتَّالِي حَرَارَةٌ أَكْثَرَ تَبَعًا لِذَلِكَ الْوَقْتِ مِنَ السَّنَةِ. وَهَذَا التَّغْيِيرُ فِي دَرَجَاتِ الحَرَارَةِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ يُسَبِّبُ الفُصُولَ.

فِي القُطْبَيْنِ فَضْلَانِ فَقَطْ: شِتَاءٌ عَلَى مَدَى سِتَّةِ أَشْهُرٍ، وَصَيْفٌ لِمُدَّةٍ مُمَازِلَةٍ.

عِيدُ

مِيلَادِ مُنْتَلَجٍ

الخَامِسُ والعِشْرُونَ مِنْ كَانُونِ الأولِ (دِيسَمْبَر) يَكُونُ شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الكُرَةِ الشَّمَالِيّ؛ فَتَنْخَفِضُ الحَرَارَةُ، وَتُثَلِّجُ السَّمَاءُ والأَرْضُ عَادَةً فِي بِلَادِ كَالْتَرُوجِ وَكَنْدَا. وَيَعْمَدُ النَّاسُ إِلَى ارْتِدَاءِ المَلَابِيسِ الدَّفِئَةِ خَارِجَ مَنَازِلِهِمْ.

يَمِيلُ نِصْفُ الكُرَةِ الشَّمَالِيّ عَنِ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ شِتَاءً.



صَيْفٌ فِي نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيّ

يَمِيلُ نِصْفُ الكُرَةِ الشَّمَالِيّ نَحْوَ الشَّمْسِ، فَيَكُونُ صَيْفًا.

المَنَاطِقُ القَرِيبَةُ مِنَ خَطِّ الاسْتِوَاءِ تَتَلَقَّى نَوْمًا كَامِلًا حَرَارَةَ الشَّمْسِ نَهَارًا.

شِتَاءٌ فِي نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيّ.

المَنَاطِقُ بَيْنَ القُطْبَيْنِ وَالْمَنَاطِقِ الاسْتِوَائِيَّةِ المَدَارِيَّةِ تَنْعَمُ بِأَرْبَعَةِ فُصُولٍ، تَتَغَيَّرُ تَدْرِيجِيًّا مِنَ الرَّبِيعِ إِلَى الصَّيْفِ إِلَى الخَرِيفِ إِلَى الشِّتَاءِ.

عِيدُ مِيلَادِ حَارٍّ

عِيدُ المِيلَادِ (٢٥ كَانُونِ الأولِ) يَوْمٌ مِنَ الصَّيْفِ فِي نِصْفِ الكُرَةِ الجَنُوبِيّ. ففِي بُلْدَانِ كَاسْتْرَالِيَا، يَكُونُ الطَّقْسُ مُوَاتِيًا لِلإِسْتِيرَادِ عَلَى شَاطِئِ البَحْرِ.

تَبَايُنُ الظَّلَالِ مَوْسِمِيًّا

عَبْدُ بَعْضِ أَهْلِ الحَضَارَاتِ القَدِيمَةِ الشَّمْسِ، وَعَرَفُوا تَغْيِيرَاتِ مَسَارِهَا. هَذَا الحَجَرُ فِي مَدِينَةِ إِنْكَا مِنْ مَاتَشُو پِتَشُو، بِالْپِيرُو هُوَ الإِنْتِيهَوْتَانَا - أَوْ نُصَبُ إِنْتِي، إِلَهَ الشَّمْسِ. وَقَدْ لَحَظَ الإِنْكِيُونُ تَغْيِيرَاتِ طَوْلِ ظِلِّ هَذَا الحَجَرِ عِنْدَ الظُّهْيَةِ خِلَالَ السَّنَةِ.

فِي مُنْتَصَفِ الشِّتَاءِ، عِنْدَمَا يَكُونُ نِصْفُ الكُرَةِ فِي أَقْصَى بُعْدِهِ عَنِ الشَّمْسِ، يَكُونُ ظِلَامٌ فِي القُطْبِ طَوَالَ الْيَوْمِ.

لِزِيدٍ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- تَكُونُ الأرضُ ص ٢١٠
- شُعُ الشَّمْسِ ص ٢٤٢
- التَّلَجُ ص ٢٦٦
- النُّظَامُ الشَّمْسِيّ ص ٢٨٣
- مَنَاطِقُ القُطْبَيْنِ وَالتَّنْدَرَا ص ٣٨٢

المناخ

يَعْتَمِدُ مَنَاحُ مِيقَةِ مَا عَلَى مَوَاقِعِهَا عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. فَمَنَاحُ الْمَنَاطِقِ الْقَرِيبَةِ مِنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ حَارٌّ لِأَنَّهَا تَتَلَقَّى شَعَّ الشَّمْسِ مِنْ فَوْقِهَا مُتَعَامِدًا تَقْرِيبًا؛ بَيْنَمَا الْمَنَاحُ بَعِيدًا عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ يَكُونُ بَارِدًا دَوْمًا. لَكِنَّ الْمَنَاحَ لَا يَعْتَمِدُ فَقْطَ عَلَى بُعْدِ الْمَكَانِ عَنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ؛ فَتِيَّارَاتُ الْمُحِيطَاتِ تَحْمِلُ الدَّفْءَ حَوْلَ الْعَالَمِ وَتُؤَثِّرُ فِي مَنَاحَاتِ الْيَابِسَةِ. كَذَلِكَ يَتَأَثَّرُ مَنَاحُ الْمَكَانِ بِبُعْدِهِ عَنِ الْبَحْرِ، وَبِارْتِفَاعِهِ عَنْ سَطْحِ الْبَحْرِ؛ فَكُلَّمَا ارْتَفَعَ الْمَكَانُ كَانَ مَنَاحُهُ أْبَرَدَ عَلَى الْأَرْجَحِ. وَتُصَنَّفُ الْمَنَاحَاتُ إِلَى ثَمَانِيَةِ أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مَعَ اخْتِلَافَاتٍ بَسِيطَةٍ ضِمْنَ كُلِّ نَوْعٍ.



الْمِنْطَقَةُ الْمُعْتَدِلَةُ

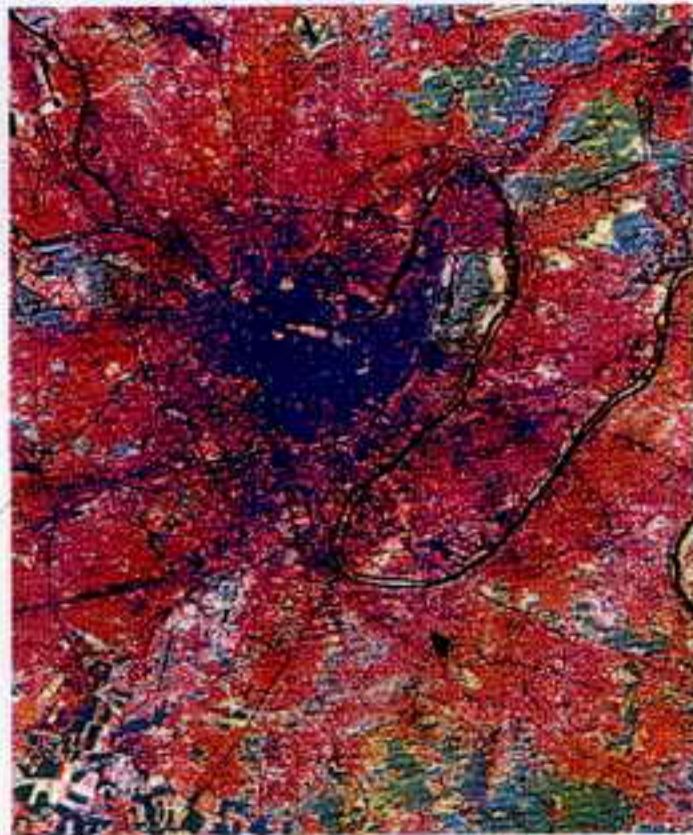
فِي الْمَنَاطِقِ الْمُعْتَدِلَةِ الْمَنَاحُ قَدْ يَسْقُطُ الْمَطَرُ فِي أَيِّ وَقْتٍ مِنَ السَّنَةِ. فَصَيْفُهَا عَادَةً لَيْسَ حَارًّا جَدًّا، وَشِتَاؤها لَيْسَ بَارِدًا جَدًّا؛ لَكِنَّهَا قَدْ تُعَانِي مِنْ فِتْرَاتٍ حَرٍّ قَصِيرَةٍ فِي الصَّيْفِ وَنَوْبَاتٍ مِنْ تَسَاقُطِ التَّلْجِ شَدِيدًا فِي الشِّتَاءِ. تَقَعُ سُهوبٌ وَأَيُّومِنُغ، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ، وَمُعْظَمُ حَوَاضِ الْبَحْرِ الْأَبْيَضِ الْمَتَوَسِّطِ فِي الْمِنْطَقَةِ الْمُعْتَدِلَةِ.

الْمَنَاطِقُ السَّاحِلِيَّةُ

الْبُلْدَانُ الْمُحَاطَةُ بِالْبَحْرِ وَالصَّغِيرَةُ الْكُتْلَةُ الْأَرْضِيَّةُ نَسِيبًا، كَبْرِيطَانِيَا وَنِيوزِيلَنْدَا، لَا مَكَانَ فِيهَا بَعِيدٌ جَدًّا عَنِ الْبَحْرِ، وَتَنَعُّمُ بِمَنَاحٍ مُطَرِّدٍ الْإِعْتِدَالِ صَيْفًا وَشِتَاءً؛ وَيُعْرَفُ مَنَاحُهَا بِالْمَنَاحِ الْبَحْرِيِّ. وَفِي هَذَا الْمَنَاحِ لَا تَحْدُثُ تَغْيِيرَاتٌ كَبِيرَةٌ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ لِأَنَّ الْبَحْرَ لَا يَسْخُنُ وَلَا يَبْرُدُ بِسُرْعَةٍ كَالْيَابِسَةِ، فَهُوَ يَمْتَصُّ الْحَرَارَةَ صَيْفًا وَيُطْلِقُهَا شِتَاءً.

مَنَاحٌ صُغْرِيٌّ

الْمَسَاحَاتُ الصَّغِيرَةُ قَدْ تَخْتَصُّ بِمَنَاحٍ مُعَيَّنٍ يُسَمَّى مَنَاحًا صُغْرِيًّا. فَمُعْظَمُ الْمُدُنِ مُغَطَّاءَةٌ بِكُتْلَةِ هَوَائِيَّةٍ دَافِئَةٍ تُدْعَى «جَزِيرَةِ حَرَارِيَّةٍ» أَسْخَنَ بِحَوْلِي ٦°سَ مِنْ الْهَوَاءِ خَارِجِ الْمَدِينَةِ. هَذِهِ صُورَةُ التَّنْقِطِهَا سَائِلٌ فِضَائِيٌّ خَاصٌّ لِمَدِينَةِ بَارِيْسَ، بِفَرَنْسَا، تُبَيِّنُ الْمَسَاحَاتِ الْأَكْثَرَ حَرَارَةً بِالْأَزْرَقِ وَالْمَنَاطِقَ الْأَبْرَدَ بِالْأَخْضَرِ.



الْمَنَاطِقُ ذَاتُ الْمَنَاحِ الْمُعْتَدِلِ الدَّافِئِ، شِتَاؤها رَطْبٌ لَطِيفٌ وَصَيْفُهَا جافٌّ حَارٌّ.

مَنَاحَاتُ الْمَنَاطِقِ الْجَبَلِيَّةِ تَتَوَقَّفُ عَلَى خَطِّ الْغُرْضِ وَالْإِرْتِفَاعِ.

أَمْرِيكَا الْجَنُوبِيَّةُ

دَلِيلُ الْخَارِطَةِ

- قُطْبِيٌّ
- تَنْدُرَا
- جَبَلِيٌّ
- مُعْتَدِلٌ بَارِدٌ
- مُعْتَدِلٌ دَافِئٌ
- صَحْرَاوِيٌّ
- مَوْسِمِيٌّ
- إِسْتِوَائِيٌّ مَدَارِيٌّ

الْمَنَاحُ الْإِسْتِوَائِيُّ الْمَدَارِيٌّ

مَنَاطِقُ الْمَنَاحِ الْإِسْتِوَائِيِّ الْمَدَارِيِّ تَقَعُ حَوْلَ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ فِي نِطَاقِ خَطِّي الْغُرْضِ ١٠° شِمَالًا وَ ١٠° جَنُوبًا. طَقْسُهَا حَارٌّ دَوْمًا - فَتَتَرَاوَحُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ بَيْنَ ٢٤° وَ ٢٧°سَ. وَتُصِيبُهَا نَوْبَاتٌ مُنْتَظِمَةٌ مِنَ الْمَطَرِ الْغَزِيرِ عَلَى مَدَارِ السَّنَةِ، بِحَيْثُ لَا يَقِلُّ إِجْمَالِيُّ التَّسَاقُطِ عَنْ ١٥٠ سَم. وَهَذِهِ الظُّرُوفُ الْمَنَاحِيَّةُ مِثَالِيَّةٌ لِلْغَابَاتِ الْمَطِيرَةِ.

المناخ القطبي

مناخ ألاسكا قطبي بارد جدًا وجاف تصحبه رياح قوية؛ والشمس دومًا خفيفة في الأفق حتى في منتصف النهار. ترتفع درجة الحرارة صيفًا بالقرب من السواحل إلى حوالي ١٠°س فقط، أما في الداخل فالبرودة أشد بكثير.

المناطق التندراوية
المناخ باردة
خفيفة كمية المطر،
وصيفها قصير.



المناخ الموسمي

في مناطق المناخ الموسمي، تتغير الفصول فجأة من رطبة إلى جافة. ففي شمال غرب الهند تهب من الشمال الشرقي رياح جافة بأطراف بعيدا عن البر على مدى نصف السنة. ثم على مدى نصف السنة الآخر تهب رياح البحر من الجنوب الغربي حاملة أمطارًا غزيرة.



المناخ الصحراوي

في مناطق المناخ الصحراوي تقل كمية المطر الساقط سنويًا عن ٢٥ سم. ولا توجد عادة سحب تصد حرارة الشمس نهارًا أو تحفظ الدفء ليلاً. لذا فالنهار حار جدًا (قد تبلغ فيه درجة الحرارة ٥٢°س)، والليل بارد جدًا. هذه صحراء الأبراج الطبيعية في غرب أستراليا.

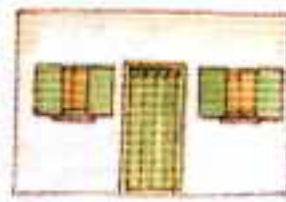
في مناطق المناخ المعتدل البارد يتساقط المطر على مدار السنة، ويكون الصيف حارًا نوعًا والشتاء باردًا.

تصميم المباني لثلاثم الطقس

يشيد الناس بيوتهم لتلائم مع المناخ. ففي أقصى الشمال، حيث المناخ مثلج دائمًا، تُشاد البيوت المؤقتة من قطع الثلج والجليد كأكواخ الإسكيمو المقلّبة. وفي المناخ الحار، تجعل البيوت فسحة قليلة الجدران الداخلية فيما يسر دوران الهواء. وفي المناطق الموسمية تُشاد البيوت غالبًا مرفوعة على ركائز لتفادي غمر المياه. وفي المناخ الصحراوي، تُطلى المباني باللون الأبيض ليعكس حرارة الشمس. وفي الأماكن المثلجة شتاءً تجعل سقوف البيوت شديدة الانحدار كي ينزلق الثلج عنها بسهولة.



بيت شديد
أنحدار السقف
في سويسرا.



بيت مغطى باللون
الابيض في مصر،
إفريقية



بيت مرفوع على
ركائز في الهند،
آسيا



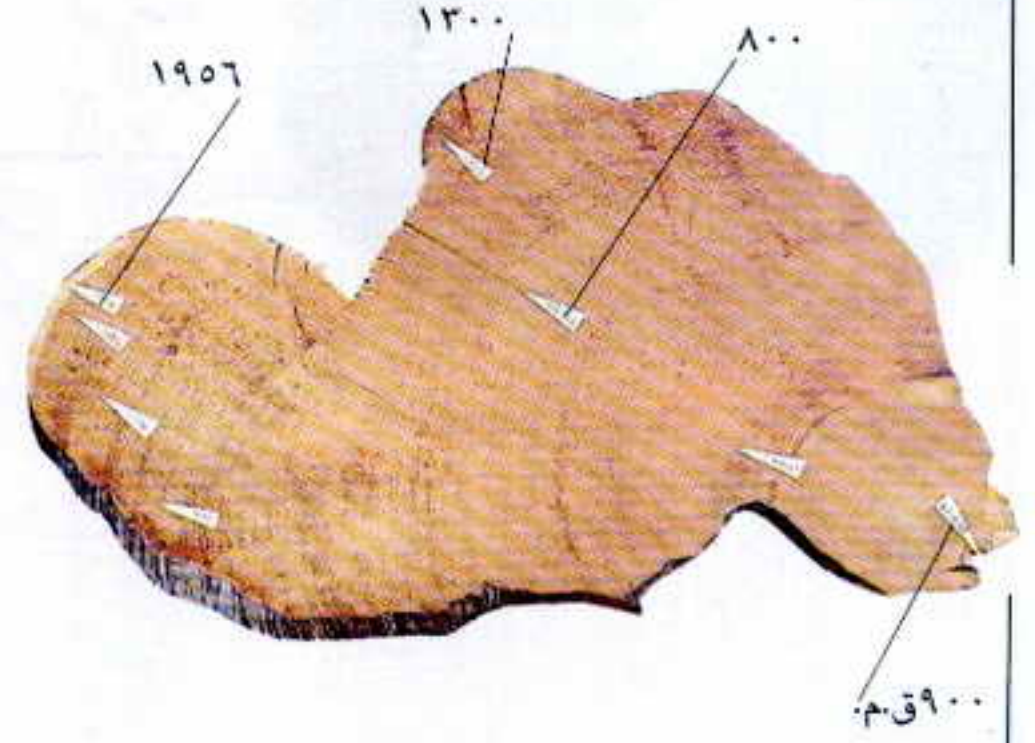
كوخ مقلّب في
الاسكا، بأمريكا
الشمالية

لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الصحاري ص ٣٩٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الجبال ص ٣٨٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦

المناخات المتغيرة

مناخات العالم دائم التغير. في الماضي، كان العالم أحياناً أكثر سخونة مما هو عليه اليوم، وأحياناً أكثر برودة. فمُنذ أكثر من ٦٥ مليون سنة، أيام كانت الدينوصورات تجوب الأرض، لم يكن هنالك قلائس جليدية قطبية، وكانت النباتات المدارية تغطي ما هي اليوم مناطق معتدلة. وخلال بعض الأوقات في المليون سنة الماضية امتدت المثلج الضخمة والغطاءات الجليدية من مناطق القطبين لتغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض. وقد نكون مقبلين مستقبلاً على عصر جليدي، أو ربّما مداري، جديد - لأن المناخات تتغير، لا طبيعياً فقط بل، بواسطة الأنشطة البشرية أيضاً.



دراسة حلقات النمو في الشجر

يستطيع العلماء دراسة حلقات النمو في الخشب القديم لتقصي تغير المناخات، وهذا ما يُعرف بعلم المناخ الشجري. فجدوع أشجار الصنوبر الكاليفورني الهلي الكيزان تبين المناخات التي سادت منذ ٩٠٠٠ سنة حتى اليوم - فحلقة النمو السميكة تعني طقساً ملائماً لنمو الأشجار في تلك السنة؛ فيما تعني الحلقة الرفيعة طقساً بارداً جداً أو جافاً جداً.

العصر الجليدي الكبير

يعتقد العلماء أننا نعيش اليوم في عصر دافئ بين عصرين جليديين. فخلال عصور جليدية سالفة امتدت الغطاءات الجليدية فوق أمريكا الشمالية وشمال غرب أوروبا وروسيا. ولعلها غطت جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية معظم الوقت، لكن بأقدار متفاوتة. ويُقدّر بعض علماء المناخ أن الأرض شهدت فترات دفء فاصلة بين ١١ عصرًا جليدياً على الأقل خلال عصر جليدي كبير بدأ منذ ٣ ملايين سنة.



العصر الجليدي الصغير

العالم كان أبرد مما هو عليه اليوم بشكل ملحوظ على مدى معظم الألف سنة الماضية. فقد شهد فترة باردة بين سنة ١٥٥٠ وسنة ١٨٠٠ عُرِفَت بالعصر الجليدي الصغير. وفي أسوأ فصول الشتاء الباردة في القرنين السابع عشر والثامن عشر، شمل التجمّد حتى نهر التيمز في لندن، فأقيمت معارض الشتاء فوق النهر المتجمّد. وحتى منذ عهد قريب، عام ١٨٩٥، تجمّد نهر التيمز جزئياً، كما تبين صورة جسر لندن أعلاه. ومُنذئذ، ارتفع معدّل درجة حرارة العالم نصف درجة سيلسيوس (مئوية).

الجليد الأقصى

العصر الجليدي الأخير كان في أوجِه منذ حوالي ١٨٠٠٠ سنة. فامتدّ الجليد من القطب الشمالي حتى البحيرات الكبرى، في أمريكا الشمالية، جنوباً، كما غطى معظم بريطانيا واسكتلندا. وكانت هنالك كتل جليدية أصغر في نصف الكرة الجنوبي.



الغطاء الجليدي اليوم

يبدو لنا الغطاء الجليدي في وقتنا الحاضر عادياً بامتداده على مساحات صغيرة نسبياً؛ لكن الأرض، على مدى تاريخها الطويل، قلّما احتوت هذا القدر منه.



جيمس كروول

العالم البريطاني، جيمس كروول (١٨٢١-١٨٩٠) نشأ في بيرث باسكتلندا، وترك المدرسة في سن الثالثة عشرة، لكنّه تابع دراساته بنفسه. وبعد أن تقلّب في وظائف عديدة، عُيّن عام ١٨٥٩، قيماً للمتحف الأندرسوني في غلاسكو، باسكتلندا؛ وفي عام ١٨٦٤، نشر نظريته مفادها أن



العصور الجليدية قد سببها التغيرات في ميلان محور الأرض وفي مدارها حول الشمس. كما لحظ كروول أن هذه التغيرات، التي تعاقبت على دورات امتدت آلاف السنين، سببت تغيرات في تساوي الفصول، وهذا بدوره كان السبب في دفء الأرض أو برودتها.



التَّوَرَانُ الْبُرْكَانِي

قد يَسَبِّبُ تَوَرَانُ الْبُرَاكِينِ فِي تَغْيِيرِ الْمُنَاخِ؛
فَالْغُبَارُ الْمَقْدُوفُ عَالِيًا يَبْقَى الْكَثِيرُ مِنْهُ فِي
الْجَوِّ. عَامَ ١٩٩١، ثَارَ بُرْكَانُ جَبَلِ
بيناتوبو، فِي الْفِيلِيبِينِ، قَازِفًا سَحَابًا صَخْمَةً
مِنَ الْمُلوَّثَاتِ، فِي الْهَوَاءِ، انْتَشَرَتْ حَوْلَ
العَالَمِ حَاجِبَةٌ حَرَارَةِ الشَّمْسِ، فَانْخَفَضَ
مُعَدَّلُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ فِي الْعَالَمِ نِصْفَ
دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ عَلَى مَدَى بَضْعَةِ شُهُورٍ.

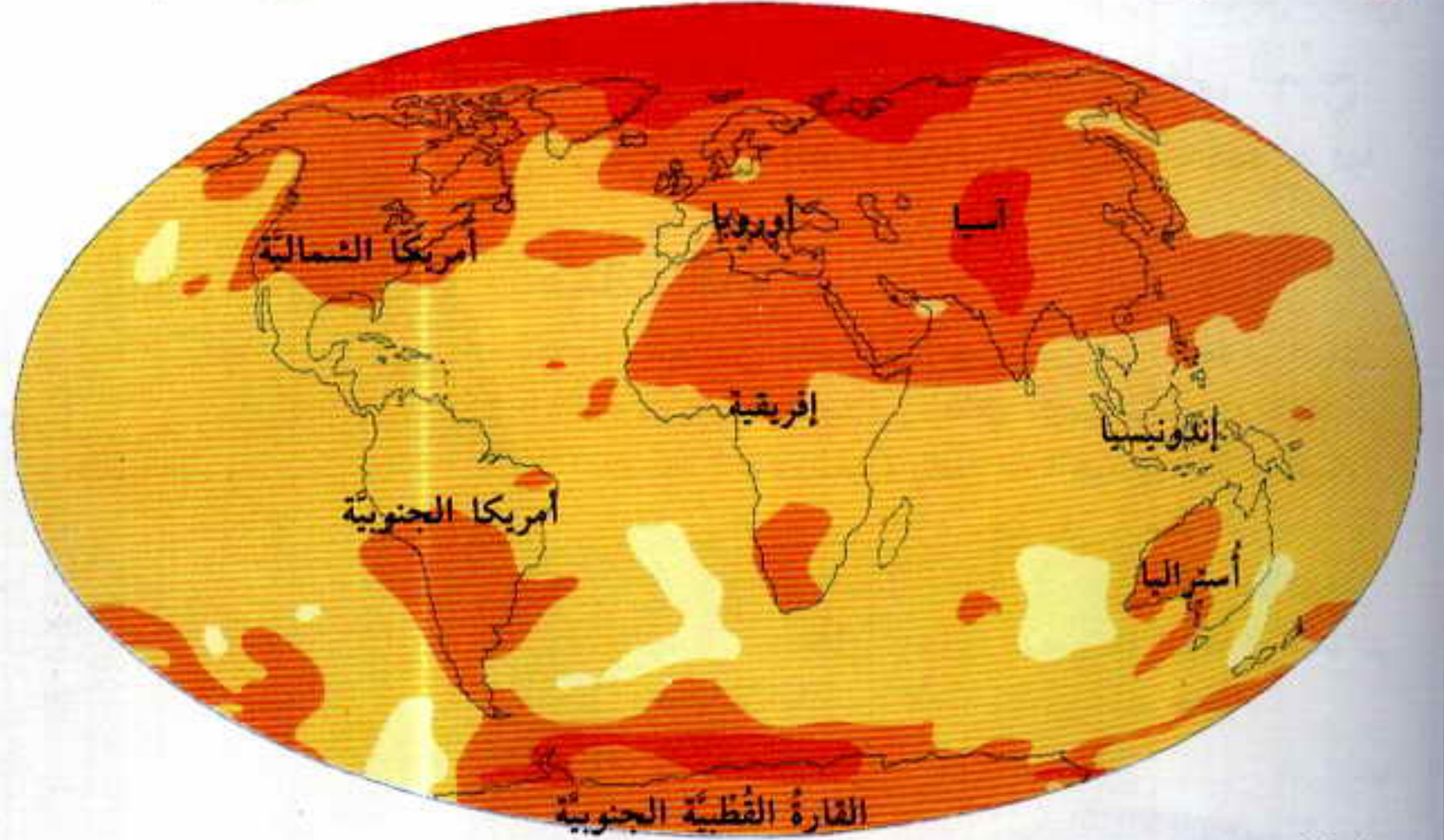
س + ٢°

س + ١°

س + ٣°

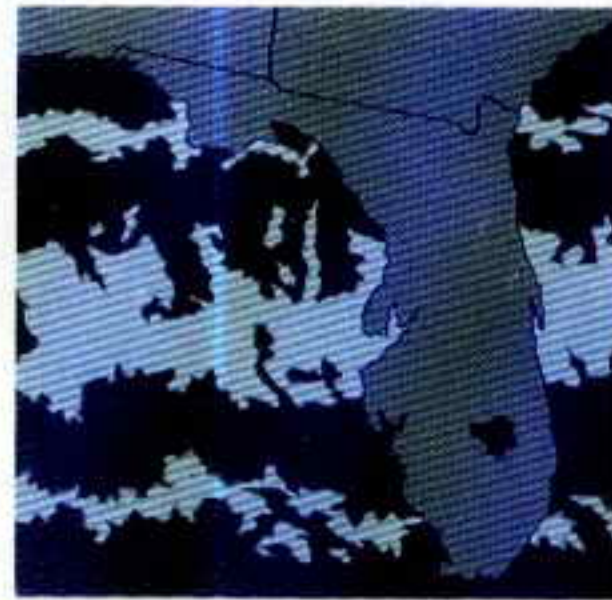
س + ٤ - ٥°

لا تَغْيِيرُ

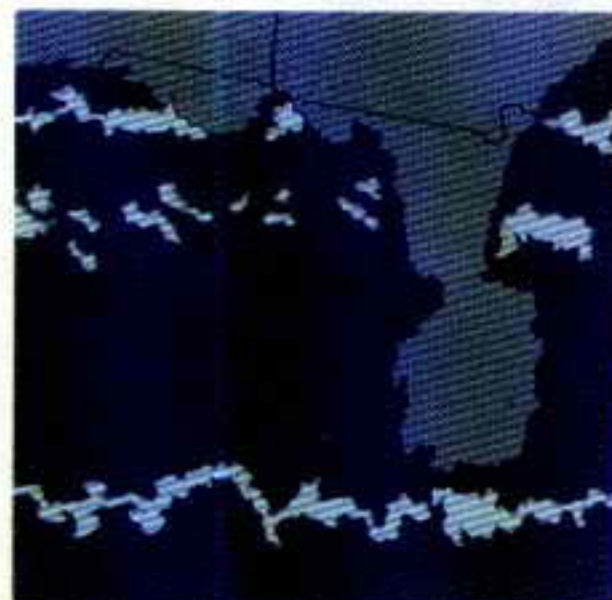


الْحُمُو الْعَالَمِي

هَنَالِكَ أَسْبَابٌ طَبِيعِيَّةٌ لِيَتَسَخَّنَ جَوْ الْأَرْضِ، لَكِنَّ النَّاسَ أَيْضًا يُسَهِّمُونَ فِي الْحُمُو الْعَالَمِيِّ بِقِرْطِ
إِنْتِاجِهِمْ ثَانِي أُكْسِيدَ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتٍ أُخْرَى تُعْرَفُ بِغَازَاتِ الدَّفِينَاتِ. هَذِهِ الْغَازَاتُ تُخْتَبِسُ
الْحَرَارَةَ، وَتَمْنَعُهَا مِنْ أَنْ تَسْرِبَ إِلَى الْفَضَاءِ؛ فَهِيَ بِذَلِكَ تَعَزِّزُ ظَاهِرَةَ الدَّفِينَاتِ. وَإِذَا لَمْ يُكَبَّحْ
أَنْدَاقُ ثَانِي أُكْسِيدَ الْكَرْبُونِ وَغَازَاتِ الدَّفِينَاتِ الْآخَرَى فِي الْجَوِّ فَسَيَسَخَّنُ الْعَالَمُ بِسُرْعَةٍ.
وَيُبَيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلَ زِيَادَةَ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ عَامَ ٢٠١٠، بِالمُقَارَنَةِ مَعَ دَرَجَاتِ
الْحَرَارَةِ عَامَ ١٩٥٠.



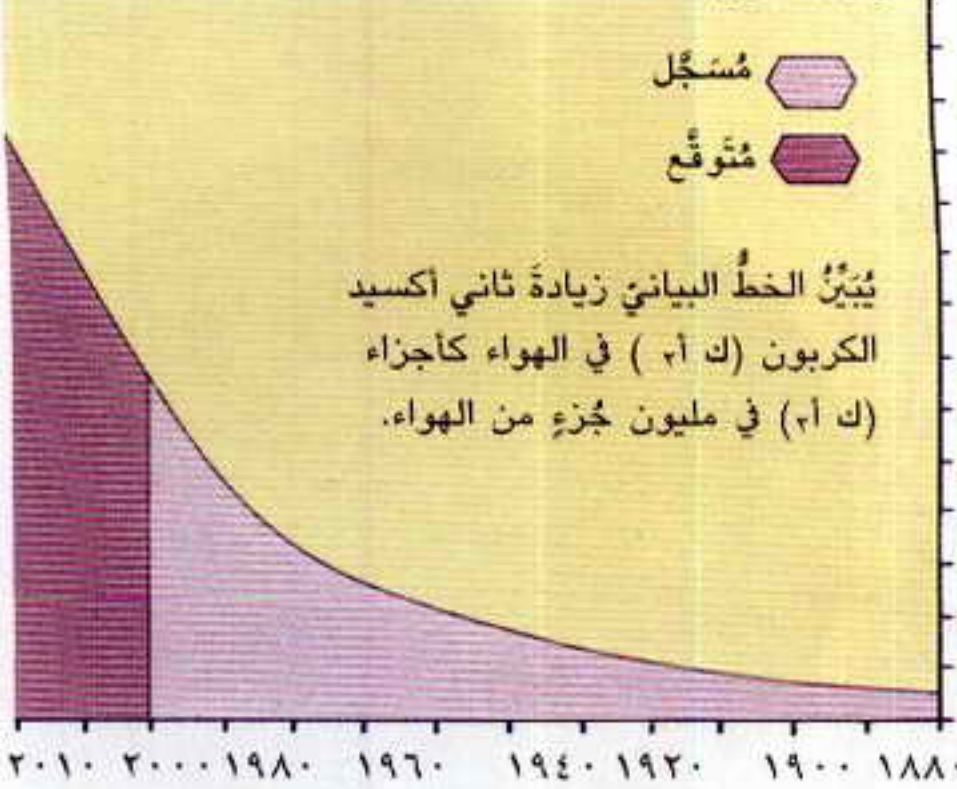
خَطُّ السَّاحِلِ فِي
فَلُورِيدَا حَالِيًا.



شَوَاهِدُ الْمُنَاخَاتِ الْغَائِرَةِ

يُبَيِّنُ الْمُنَاخُ الْغَائِرُ فِي هَذِهِ الْجِدَارِيَّةِ الْكَهْفِيَّةِ الْقَدِيمَةِ
الَّتِي تُظَاهِرُ مَوَاشِيَّ تَرَعَى فِي الْهَضْبَةِ الْجَزَائِرِيَّةِ
بِأَفْرِيقِيَّةٍ. وَهَذِهِ الْمِنْطَقَةُ صَحْرَاوِيَّةٌ حَالِيًا. وَعَمَلِيَّةُ
النَّصْحَرِ هِيَ فِي قِسْمٍ مِنْهَا نَتِيجَةٌ طَبِيعِيَّةٌ لَتَغْيِيرِ
الْمُنَاخِ، كَمَا إِنَّ لِنَاشِطَةِ الْبَشَرِيَّةِ دَوْرًا فِيهَا أَيْضًا.

ك أ ٢ (جُزْءٌ بِالمِلْيُونِ)



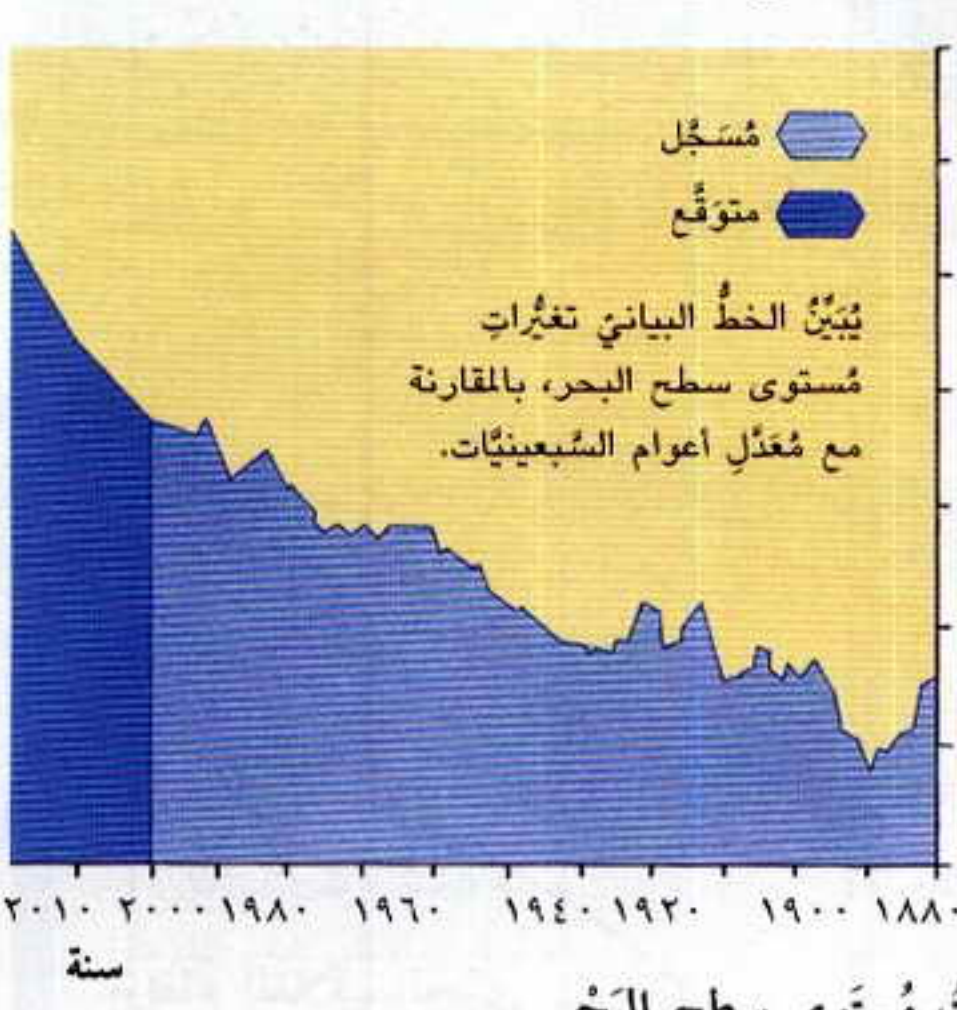
تَزَايِدُ ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ
يَحْرِقُ النَّاسُ الْفُخْمَ وَالنَّفْطَ،
وَيُذَمَّرُونَ الْغَابَاتِ الَّتِي تَمْتَصُّ
أَشْجَارُهَا ثَانِي أُكْسِيدَ
الْكَرْبُونِ. وَنَتِيجَةُ ذَلِكَ
أَزْدَادَتْ كَمِيَّةُ ثَانِي أُكْسِيدِ
الْكَرْبُونِ فِي الْهَوَاءِ بِنِسْبَةِ ٢٥
بِالمِئَةِ مِّنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠.

تَغْيِيرُ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ



سنة

تَغْيِيرُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ



سنة

تَغْيِيرَاتُ مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ

يَتَوَافَقُ الْإِرْتِفَاعُ الْإِجْمَالِيُّ لِمُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ مِّنْذُ الْعَامِ ١٨٨٠ مَعَ
أَرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. وَهَذَا يَتَوَافَقُ تَمَامًا مَعَ مِقْدَارِ التَّمَدُّدِ الْمُتَوَقَّعِ
فِي طَبَقَةِ الْمُحِيطَاتِ الْعُلْيَا فِيمَا لَوْ سَخُنَتْ نِصْفَ دَرَجَةِ سِلْسِيُوسٍ.

أَرْضٌ تُغْمَرُ مُسْتَقْبَلًا

مَنَاطِقُ الْعَالَمِ الْخَفِيفَةُ سَيَعْمُهَا الدَّمَارُ الشَّامِلُ
إِذَا مَا أَسْتَمَرَ الْحُمُو الْعَالَمِيُّ وَأَرْتِفَاعُ مُسْتَوَى
سَطْحِ الْبَحْرِ. وَيُبَيِّنُ التَّوَقُّعُ الْحَاسُوبِيُّ الْمُقَابِلَ
تَأْثِيرَ أَرْتِفَاعِ ٣ م فِي مُسْتَوَى سَطْحِ الْبَحْرِ عَلَى
فَلُورِيدَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ. وَيُمْكِنُ حَدُوثُ
ذَلِكَ جَلَالِ الْمِئَةِ السَّنَةِ الْقَادِمَةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

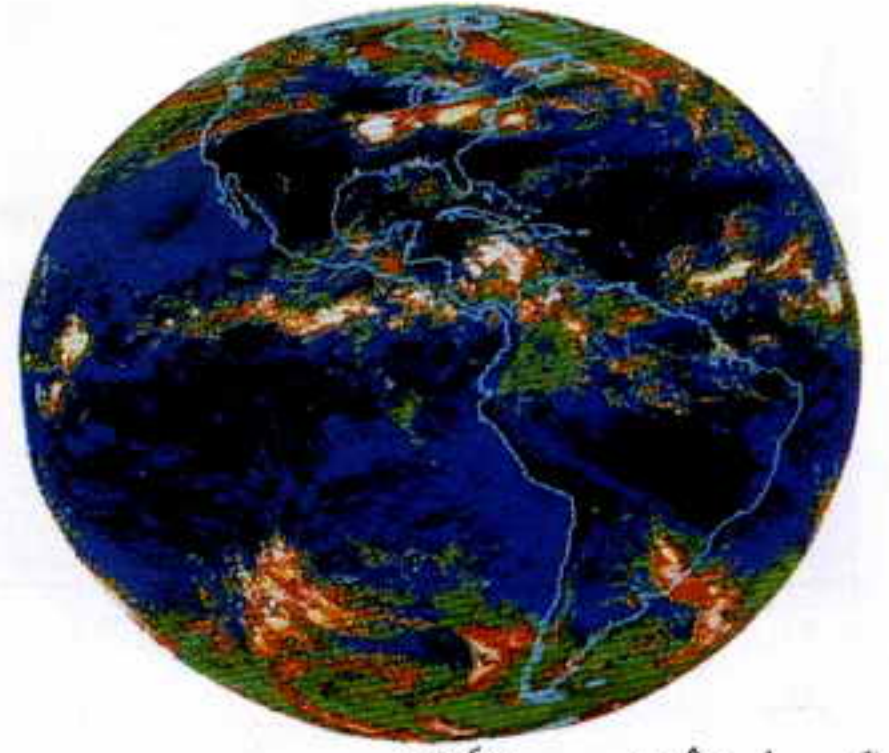
- تَكُونُ الْأَرْضُ ص ٢١٠
- الْبَرَاكِينُ ص ٢١٦
- الْجَلِيدُ وَالْمَتَالِجُ ص ٢٢٨
- النَّمُو وَمَرَاثِلُهُ ص ٣٦٢
- دَوْرَاتُ فِي الْغِلَافِ الْحَيَوِيِّ ص ٣٧٢

الجوّ

الحياة على كوكب الأرض ما كانت ممكنة بدون الجوّ، فهو الغلاف الغازي الذي يقيها شعّ الشمس ويوفّر ظروف الحياة الملائمة ليعيش الحيوان والنبات. الكواكب الأخرى لها أجواء أيضًا لكنها مختلفة جدًا. فجوّ الزهرة كثيف ثقيل يزيد ضغطه مئة مرّة عن الضغط الجوي على الأرض. وتلّف جوّ الزهرة سحب كثيفة تزيد من قدرته على احتباس حرارة الشمس فتصل درجة الحرارة إلى ٤٨٠°س، مما يجعل تواجّد الماء في حالة السيولة معدومًا.

بالمقارنة، فإنّ جوّ المريخ رقيق (ضغطه جزء في المئة من الضغط الجوي على الأرض) فلا يعيق شعّ الحرارة التي تصله، على قليتها، بسبب بُعد الكوكب، فتهدّط درجة الحرارة إلى -١٢٠°س، مما يستحيل معه تواجّد الماء سائلًا. وهكذا يلاحظ أنّ الظروف المتوافرة في

جوّ الأرض، وهي وسط بين الظروف على المريخ وعلى الزهرة، هي الظروف المثالية للحياة كما نعرفها.



تصوير الأرض من الفضاء

تستطيع السواتل الفضائية ألتقاط صور للأرض بثلاثة أطوال موجية مختلفة في الوقت نفسه. فالصور بالأشعة دون الحمراء تبين تغيّرات درجة الحرارة - بالأزرق والأسود والأحمر والأبيض، من الحار إلى البارد. وتبين الصور العادية اليابسة والبحار، كما تبين صور أخرى كمية بخار الماء في الهواء.

الإكسوسفير

ترتفع طبقة الغلاف الجوي الخارجي قرابة ٩٠٠ كم فوق سطح الأرض. والهواء فيها رقيق قليل الكثافة جدًا، وتستمرّ جزيئات الغاز منه بالإفلات نحو الفضاء الخارجي.

الثرموسفير

يرتفع أعلى الثرموسفير حوالي ٤٥٠ كم فوق سطح الأرض. وهذه الطبقة هي الأشد حرارة، لأنّ جزيئات الهواء القليلة فيها تمتص الإشعاع الوارد من الشمس؛ فتبلغ درجة الحرارة في أعلاها ٢٠٠٠°س.

الميزوسفير

يرتفع أعلى الميزوسفير قرابة ٨٠ كم فوق سطح الأرض. وتهبط درجة الحرارة في الميزوسفير إلى ما دون -١٠٠°س وهي أسخن في قسمها السفلي لأنّه يكتسب حرارة من الستراتوسفير أدناه.

الستراتوسفير

يمتد الستراتوسفير إلى ارتفاع يقارب ٥٠ كم فوق سطح الأرض. وتتراوح درجة الحرارة في هذه الطبقة من حوالي -٦٠°س في أسفلها إلى ما فوق درجة التجمّد بقليل في قسمها العلوي. ويستعمل الستراتوسفير على طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة فوق البنفسجية المؤذية من شعّ الشمس. ويفعل التلوث المتزايد أخذت تظهر ثقب في طبقة الأوزون هذه.

التروپوسفير

الظروف والأحوال الجوية تحدث في طبقة الغلاف السفلي المعروفة بالتروپوسفير. وتمتد هذه الطبقة ارتفاعًا حتى ٢٠ كم فوق سطح الأرض عند خط الاستواء، وحوالي ١٠ كم عند القطبين. وتركّز فيها ٩٠٪ كتلة الغلاف الجوي كلّ.

طبقات الجوّ

يتألّف الجوّ من خمس طبقات رئيسية هي: الغلاف السفلي (التروپوسفير)، والغلاف الطبقي (الستراتوسفير)، والغلاف المتوسط (الميزوسفير) والغلاف الحراري (الثرموسفير)، والغلاف الخارجي (الإكسوسفير). ويخفّ الهواء بالارتفاع، لذا يتزوّد متسلّقو الجبال العالية بالأكسجين للتنفّس. فالغلاف الجوي السفلي هو الطبقة الوحيدة التي تستطيع الكائنات الحيّة التنفّس فيها طبيعيًا.



نطاق حول الأرض

هذه الصورة الملتقطة من الفضاء عند غروب الشمس، تبين نطق الهواء المتباينة الارتفاع (والمختلفة الكثافة)؛ كما تبين ضيق نطاق الغلاف الجوي بمختلف أقسامه نسبيًا.

الثرموسفير

الميزوسفير

الستراتوسفير

طبقة الأوزون

التروپوسفير

ارتفاع الغلاف الجوي

يمتد الغلاف الجوي صعدًا فوق سمّ الرأس حوالي ١٠٠٠ كم. وقد يبدو ذلك كثيرًا للوهلة الأولى. لكنّه ليس كذلك بالمقارنة حتى مع المسافات على سطح الأرض. فالممتلئ في سيارة سباق يقطع مثل هذه المسافة في بضعة ساعات؛ وفي مثل هذا الوقت تستطيع أنت المشي مسافة أكثر من ارتفاع التروپوسفير.

١٠٠٠ كم



طبقة الطقس

يُسمى الغلاف الجوي (التروپوسفير) أحياناً طبقة الطقس. فهو الطبقة التي يحدث فيها الحمل الحراري - حيث يرتفع الهواء الساخن ويهبط الهواء البارد ليحل محله. كما تتكون السحب في هذه الطبقة أيضاً، حاملة معها الأمطار والثلوج. وتحتبس السحب في التروپوسفير لأن الغلاف الطبقي (الستراتوسفير) فوقه أسخن، فيشكل غطاء له. أما درجة حرارة التروپوسفير فتتغير من معدل ١٥°س في أسفله (سطح الأرض) إلى - ٦٠°س في أعلاه المسمى التروپوبوز (منطقة الركود).



جيمس جليشر

كان المُنطادي الإنكليزي، جيمس جليشر (١٨٠٩-١٩٠٣) من المهتمين بدراسة الجو أيضاً. وقد صعد بصحبة هنري كوكسويل في منطاد إلى أعالي التروپوسفير فأكشفا تناقص درجة الحرارة بالارتفاع -

درجة لكل ارتفاع ١٥٠ م. وفي إحدى طلعاته المُنطادية أعوم على جليشر لأنه لم يكن مزوداً بجهاز أكسجين للتنفس ولا ببردة مكيّفة. وفي العام ١٨٤٨، بدأ جليشر يعد النشرة الجوية لجريدة «الديلي نيوز» اللندنية للمرة الأولى في أوروبا؛ كما أعد أيضاً بعض جداول الطقس اليومية الأولى.



السحب المنيرة

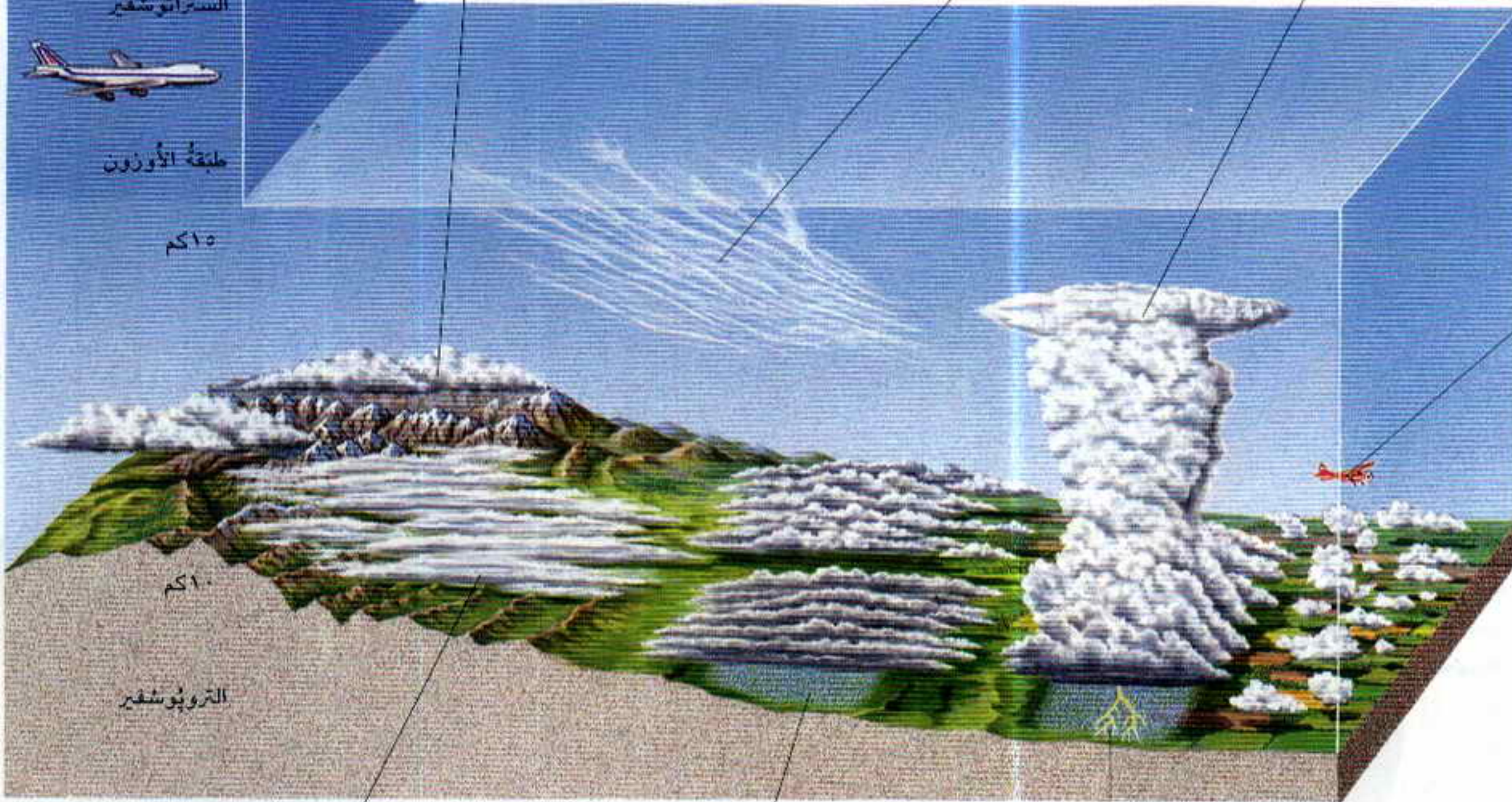
بالعواصف قد تعلو إلى قرابة ١٥٠٠٠ م.

السُمحاقية هي أعلى السحب ارتفاعاً إذ تتكون في أعلى التروپوسفير.

يرتفع الهواء أثناء عبوره الجبال. وهذا غالباً ما يجعل الطقس مختلفاً على جانبيها.

الطيران عبر التروپوسفير قد يكون كثير المطبات بفعل الهواء المتحرك.

تتكون سحب صغيرة بيضاء منتفخة عندما ترتفع كتل فقاعية من الهواء الدافئ فتبرد.



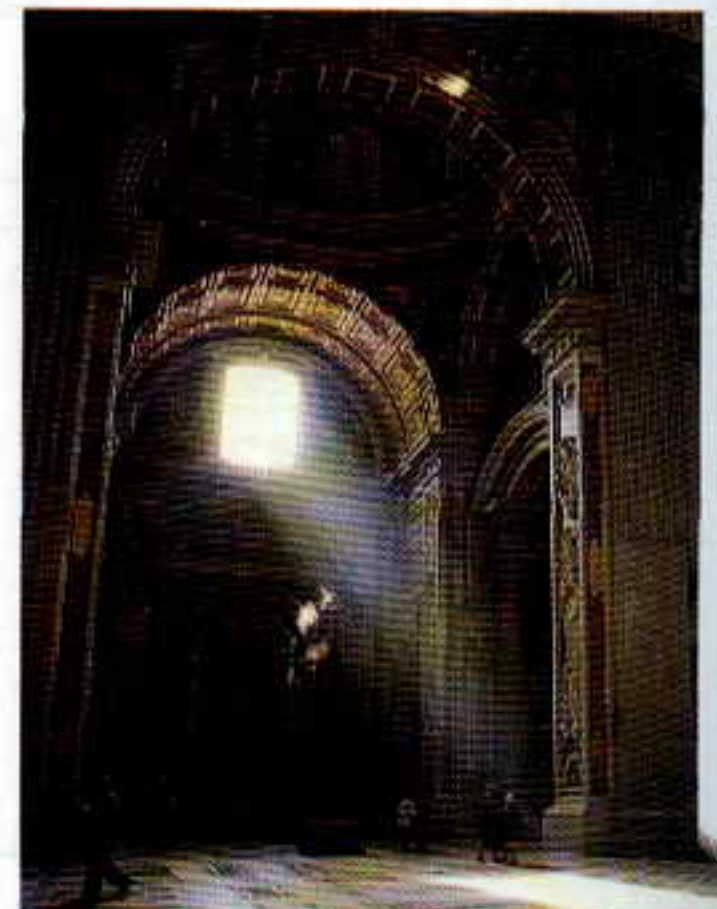
البرق يسببه تراكم الكهرباء الساكنة في السحب التي ترافق العواصف.

الهواء مشبع ببخار الماء الذي يتكثف قطرات مائية في بعض السحب ويسقط مطراً.

جميع السحب تقريباً تتكون في العشرة أو الإثني عشر كيلومتراً السفلي من الجو.

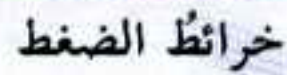
تلوث الهواء

تبيّن أشعة الشمس المشعة عبر هذه النافذة في كاتدرائية القديس بطرس في روما، بإيطاليا، أن الهواء يزخر بجسيمات الغبار والأوساخ التي لا تُشاهد في معظم الأوقات. ولو تعلّق منديلاً أبيض نظيفاً خارج نافذتك في يوم غائم هادي جاف ثم تفحصه بعد عدة ساعات، ستجد أن المندبل قد اتسخ بتعليقه خارجاً - بخاصة إذا كنت في مدينة صناعية. فذخا المصانع وأذخنة السيارات تلوث الجو؛ وأحياناً تحتبس بعض الملوثات في الطبقة المتاخمة للأرض فتسبب للناس مشاكل في التنفس والتهابات في العيون.



لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الهواء ص ٧٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكون السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠
- عطارد والزهرة ص ٢٨٦
- الرياح ص ٢٨٩
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤



يقاس الضغط بالنيوتن (مقلب) على خرائط الطقس تُوصَل جميع مناطق الضغط المتساوي بمنحنٍ يُسمَّى خطَّ تساوي الضغط (أيسوبار)، وبذلك يُمكنُ بسهولة تمييز مناطق الضغط العالي والخفض.

في مرتفع جويّ (منطقة ضغط عالٍ) يهبط الهواء وينتشر على سطح الأرض؛ فيمتص الرطوبة - ويتحسن الطقس بذلك عادةً.

الباروميترات

يُقاسُ ضغطُ الهواءِ بالبارومتر.
والبارومتر المَعْدِنِيّ، أَشْبَهُ بِسَاعَةِ
مَكْتَبٍ؛ وَهُوَ يَحْوِي عُلْبَةً مَعْدِنِيَّةً
مَسِيكَةً مُفْرَغَةً مِنَ الْهَوَاءِ يَتَّصِلُ
بِهَا مُؤَشِّرٌ. عِنْدَمَا يَرْتَفِعُ ضَغْطُ
الْهَوَاءِ، تُضْغَطُ الْعُلْبَةُ إِلَى
الِدَاخِلِ فَيَتَحَرَّكُ
الْمُؤَشِّرُ، مُبَيِّنًا التَّغْيِيرَ،
عَلَى مِدَالَةِ الْقِيَاسِ الْمُدْرَجَةِ.
وَيُسْتَدَلُّ بِتَغْيِيرِ ضَغْطِ الْهَوَاءِ
عَلَى أَحْوَالِ الطَّقْسِ الْمُتَوَقَّعَةِ.



الضَّغْطُ مُبَيَّنٌ بِالْمِلِّيِّ بَارٍ
وَبِالْكِلوْغْرَامِ عَلَى السَّنْتِيْمِتْرِ الْمُرْبَعِ.

الضَّغْطُ وَالْإِرْتِفَاعُ

يَتَنَاقَضُ الضَّغْطُ الْجَوِّيُّ
وَأَنْتَ تَسْلُقُ جِبَالًا . وَتَبِينُ
ذَلِكَ هُنَا بِقِيَاسِ الضَّغْطِ
الْمُعْيَارِيِّ فِي كُلِّ مِنْ مَدِينَتِي
كُونِيسْپُونْ وَلَا پَازْ فِي جِبَالِ
الْإِنْدِيزْ ، بُولِيْشَا .

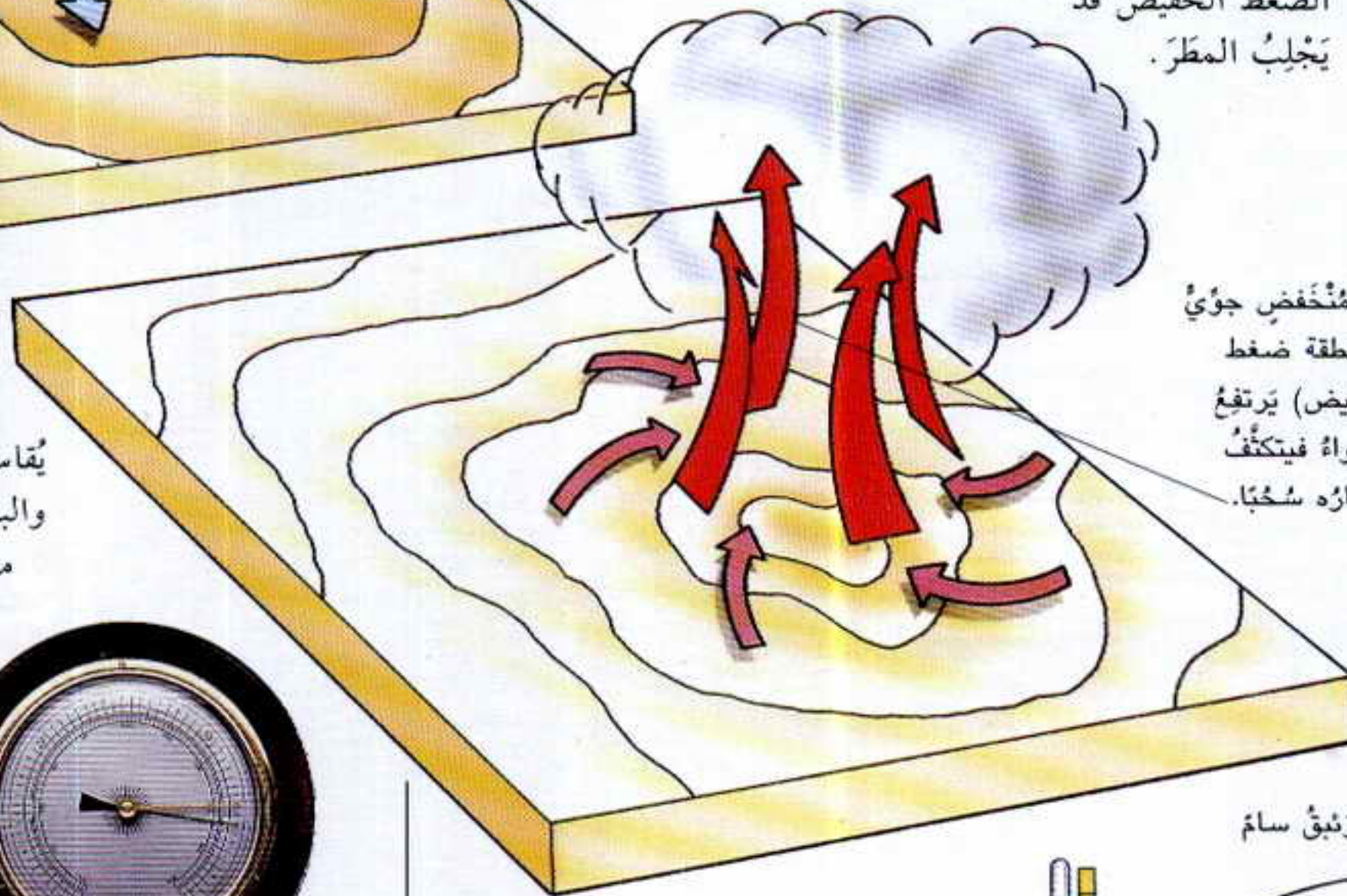
لمزيد من المعلومات انظر

الحاذية ص ١٢٢
 الضعط ص ١٢٧
 الجوّ ص ٢٤٨
 الجبهات المناخية ص ٢٥٣
 تكوّن السحب ص ٢٦٢
 التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠

يُحِيطُ بنا الهواءُ من كُلِّ جانبٍ وقد نُحِسُّ به ولكنَّا لا نَراه. ضغطُ الهواءِ (أو الضغطُ الجويّ) هو القوَّةُ التي يَضْغُطُّ بها وَزْنُ الهواءِ على سَطْحِ الأرضِ بِفِعْلِ الجاذبيَّةِ. إِنَّكَ لا تَشْعُرُ بهذا الضغطِ لأنَّ في داخلِ جِسْمِكَ ضغطًا مُساويًا مُضادًّا. في مُستوى سَطْحِ الأرضِ، يكونُ ضغطُ الهواءِ على أَشَدِّهِ بِفِعْلِ وَزْنِ الهواءِ الفوقِيّ الضاغِطِ إلى أسفلٍ، لَكِنَّهُ يَتَنَاقَضُ بِالارتفاعِ بسببِ قِلَّةِ الهواءِ الضاغِطِ حينئِذٍ. ويُلاحَظُ أَنَّ سَلْقَ البَيْضِ في الارتفاعاتِ العالِيَةِ يَحْتَاجُ إلى فترةٍ غَلِيانٍ أَطولَ لأنَّ الضغطَ الخفيضَ يجعلُ المَاءَ يَغلي على درجَةِ حرارةٍ أخفَضَ من ١٠٠°س. كذلك فإنَّ مقاصيرَ الطائراتِ المُحلَّقةِ عَاليًا في الجَوِّ مُكيِّفَةُ الضغطِ بحيثُ يَتوافَرُ فيها ما يكفي من الهواءِ لِلتَنَفُّسِ.

الضغطُ العالى والخفيض

يَخْتَلِفُ ضَغْطُ الْهَوَاءِ بَيْنَ مَكَانٍ وَآخَرَ. فَإِذَا كَانَ الْهَوَاءُ بَارِدًا كَثِيفًا يَزْدَادُ ضَغْطُهُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. وَلَمَّا كَانَ تَرَاصُّ الْهَوَاءِ يَرْفَعُ مِنْ دَرَجَةِ حَرَارَتِهِ فَإِنَّهُ يُرَافِقُ ذَلِكَ طَلْسُ جَيِّدٌ. فِي الْمَقَابِلِ، فَإِنَّ الْهَوَاءَ إِذَا سَخُنَ تَقِلُّ كَثافتهُ فَيَرْتَفِعُ وَيَقِلُّ ضَغْطُهُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ. وَالْهَوَاءُ السَّاخِنُ أَيْضًا قَدْ يُسَخِّرُ مَاءً مِنَ الْبَحَارِ وَيَحْمِلُهُ إِلَى الْجَوِّ مُكَوَّنًا سُحُبًا. وَلِذَا فَإِنَّ الضَّغْطَ الْخَفِيفَ قَدْ جَعَلَ الْمَطَرَ.



فِي مُنْخَفَضٍ جَوِّيٍّ
(منطقة ضغط
خفيض) يَرْتَفِعُ
الْهَوَاءُ فَيَتَكَثَّفُ
بُخَارُهُ سَحَابًا.

في لآپاز على أرتفاع ۳۶۵۸ م
الضغط المعيارى ۶۹۰ ملب.

في كونسبسيون
على علو ٤٩٠ م،
الضغط المعياري
١٠١٣ ملب.



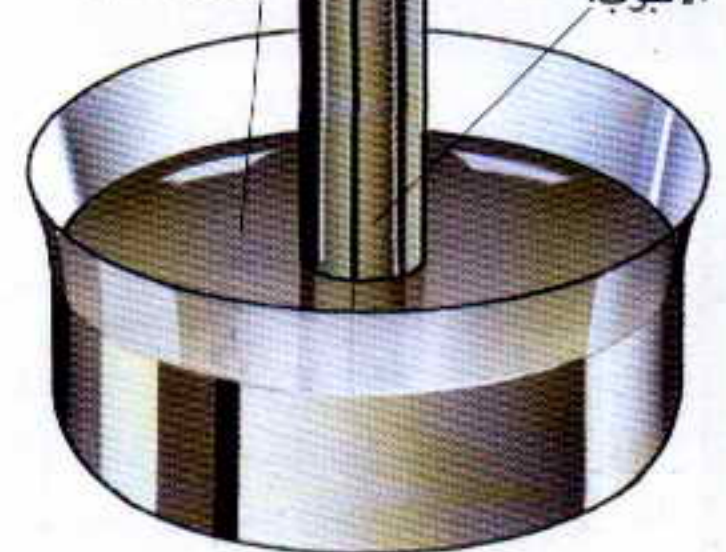
تَغْيِيرُ الضَّغْطِ

الأنبوب الزجاجي القائم في طست مكشوف من الزيت وسيلة بسيطة لمُشاهدة تَغْيِرات الضغط. فتَغْيِرات الضغط أَرْتَفَاعًا أَوْ أَنْخِفَاضًا يَتَغَيَّرُ مُسْتَوَى الزَيْتِ دَاخِلَ الْأَنْبُوبِ.



السنتيمتر الواحد = ١٢,٢٢ مِلِّي بار

يَضْطُّقُ الْهَوَاءُ
سَفْلًا عَلَى الزَّبَقِ
فَيَرْفَعُهُ فِي
الْأَنْبُوبِ:



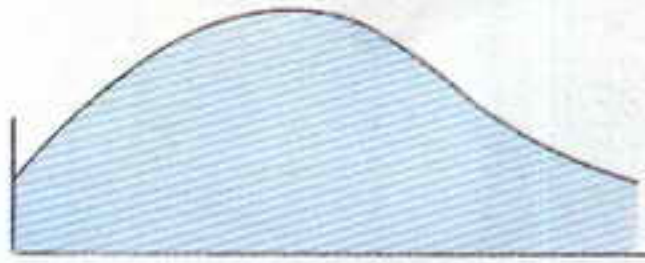
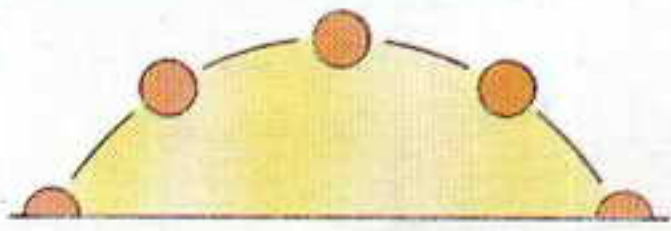
درجات الحرارة

تختلف مناطق الأرض بين حارة وباردة. فمثلاً يبلغ مُعدّل درجات الحرارة ٣٤°س في دلول بالحبشة؛ فيما يبلغ - ٥٦°س في مركز پلاتو للأبحاث بالقارة القطبية الجنوبية. وتبلغ درجات الحرارة دائماً حدّها الأقصى في مناطق خط الاستواء، بخاصة حيث تنعدم السحب فتصل حرارة الشمس إلى الأرض دون عائق. بينما تبلغ حدّها الأدنى في المناطق البعيدة عن خط الاستواء، وأيضاً حيث تنعدم السحب فتقلت الحرارة بسهولة إلى الفضاء. وتعتمد درجة الحرارة أيضاً عكسياً على بياض الموقع، وهو مُعدّل ما يعكسه سطحه من شع الشمس الواقع عليه. فمناطق الثلج والجليد العالية البياض تعكس الإشعاع الشمسي إلى الفضاء، فتبقى درجات حرارتها خفيفة؛ فيما تمتص الأراضي الجرداء والغابات مزيداً من الإشعاع فتبقى دفيئة حارة.



درجة الحرارة الأعلى

أعلى درجة حرارة سُجلت حتى اليوم كانت في العزيزية، بليبيا على مقرية من الصحراء الكبرى، وبلغت ٥٨°س في الظل.



تغيرات درجات الحرارة

تتغير درجات الحرارة خلال ساعات اليوم الأربع والعشرين، فتكون خفيفة ليلاً وعالية نهاراً. وفي المناطق الواقعة بين خط الاستواء والقطبين قد يبلغ مدى التغير اليومي في درجات الحرارة ١٠°س.



أبرد مكان على الأرض

أدنى ما سُجل من درجات الحرارة على سطح الأرض كان في مركز فوستوك بالقارة القطبية الجنوبية، حيث بلغت - ٨٩°س في تموز (يوليو) عام ١٩٨٣، وهي أبرد بكثير من درجة حرارة المُجمّدات في بيوتنا.

لمزيد من المعلومات انظر

- إنتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- رصد الطقس ص ٢٧٢
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢
- الصحارى ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦

درجات حرارة الهواء

تسخن الأرض بشع الشمس الساقط عليها؛ لكنّ الهواء يسخن بالحرارة الصاعدة من سطح الأرض. لذا تكون قمة الجبل دائماً أبرد من قاعدته - كما يتبين من مُعدّلي درجات الحرارة لشهر حزيران في لآپاز وكونسيپسيون، ببوليفيا.



تلقي حرارة الشمس

تختلف درجات الحرارة حول العالم نتيجة لطريقة سقوط أشعة الشمس على السطح. ففي مناطق خط الاستواء تسقط أشعة الشمس عمودياً على سطح الأرض - فتكون تلك المناطق حارة عادة. أما في مناطق القطبين، فتسقط أشعة الشمس على الأرض مُسطحة المِيل فتتشتت حرارتها.

في لآپاز، على غلّو
٣٦٥٨م، تبلغ
درجة الحرارة في
شهر حزيران
(يونيو) ١٧°س

في كونسيپسيون، على غلّو
٤٩٠م، تبلغ درجة الحرارة في
شهر حزيران (يونيو) ٢٧°س.

صيف مُعتدل، شتاء مُعتدل البرودة

بارد دائماً - تحت درجة الصفر س

صيف مُعتدل البرودة: بين درجة الصفر و ١٠°س، شتاء بارد

صيف حار، شتاء بارد

صيف حار، شتاء مُعتدل البرودة

تسقط أشعة الشمس عمودياً على خط الاستواء.

حار دائماً - فوق ٢٠°س

مُعتدل دائماً - بين ١٠° و ٢٠°س

صيف حار، وشتاء مُعتدل

بسبب تقوس سطح الأرض تحديداً تسقط أشعة الشمس على القطبين مائلة.

يُحرك السائل
الصاعد في كل
أنبوب مؤشراً يبقى
على درجة الحرارة
القُصوى أو الدنيا
التي يصل إليها.

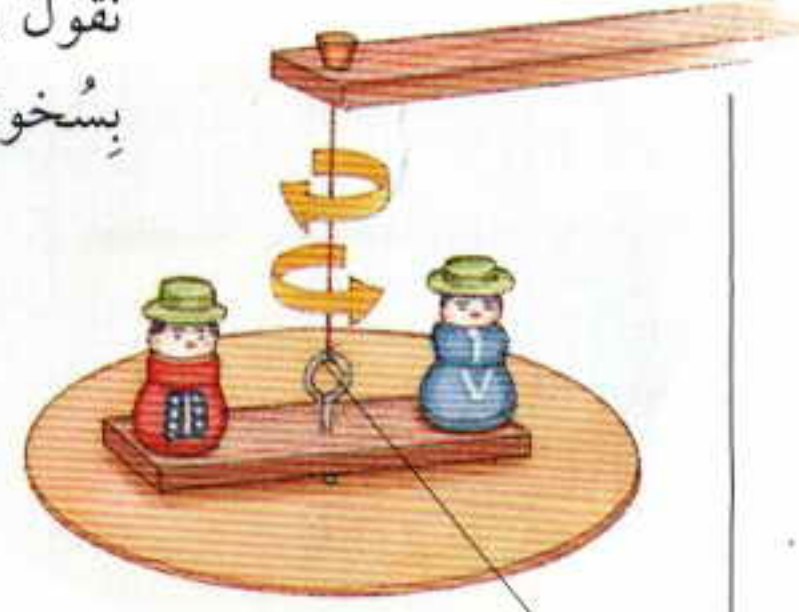


موازين الحرارة (الترمومترات)

يجب أن تُقاس درجة الحرارة دائماً في الظل. فتتغير درجة الحرارة اليومية يمكن قياسه بمقياس نهائي الحرارة العظمى والصغرى، الذي يُبين درجتَي الحرارة القُصوى والدنيا لذلك اليوم.

الرطوبة

نقول إن الطقس رطب عندما يحوي الهواء وفرة من بخار الماء؛ وتزداد سخونة الهواء قدرته على حمل الرطوبة. ومتى عجز الهواء عن حمل المزيد من بخار الماء، تكون نسبة الرطوبة فيه عندئذ ١٠٠ بالمئة؛ فيأخذ البخار بالتكاثف مكونًا السحب والضباب والمطر. وجود نمو النبات في أجواء الرطوبة العالية، لكن هذه تضايق الإنسان إذ يتعذر تبخر العرق لتبريد الجسم. والرطوبة الخفيفة ثلاثم الإنسان لكنها تعيق نماء الزروع. يميز العلماء بين الرطوبة، وهي كمية بخار الماء الموجودة في الهواء وبين الرطوبة النسبية، وهي كمية البخار الموجودة في الهواء منسوبة إلى الكمية القصوى من البخار التي يمكن أن يحملها الهواء في درجة الحرارة تلك.



الشجرة المجدولة داخل بيت
المرطاب تمتط في الطقس
الرطب وتتقلص في الطقس
الجاف؛ فتدير قرصًا دوارًا.



المرأة خارج بيت
المرطاب في الجو
الخفيف الرطوبة.

على القرص
الدوار دُميتان
على شكل رجل
وأمرأة. في
الأجواء الرطبة
تتمتع الشجرة

الممتطة بدوران القرص فيظهر الرجل
وفي الجو الجاف تتقلص الشجرة
وتتشد القرص فتظهر المرأة.

قياس الرطوبة

تُقاس كمية الرطوبة في الهواء بواسطة المرطاب (الهيجرومتر)؛ ويعرف من هذا المقياس أنواع مختلفة - كان أولها إسفنجة تمتص الماء من الهواء الرطب فتصبح أثقل. أما بيت الطقس فهو مرطاب بسيط يبين رطوبة الطقس بامتطاط شجرة في داخله. (بين الجفاف والإشباع يزداد طول الشجرة ٣٪).

تزهو الزراعة في المناطق
ذات الرطوبة المتوسطة
كبريطانيا وحوض
البحر المتوسط.



الزراعة عسيرة في الصحارى، كهذه
الصحراء في شبه جزيرة العرب، لشح
الماء فيها للناس والمواشي والزروع.

تأثيرات الرطوبة

بخار الماء في الهواء مهم وضروري لبقاء الحياة؛ فحيث تنخفض الرطوبة إلى أقل من ١٠ بالمئة تكون الصحارى. أحيانًا تنحس الأمطار المعتادة عن منطقة، وقد يتعرض سكانها للمجاعة. في المقابل، تنمو الأدغال بكثافة حيث الرطوبة مرتفعة.



يغزر المطر في المناطق ذات
الرطوبة العالية، فيوفر ظروفًا
مثالية لنمو النباتات، كهذه الغابة
المطيرة في جزيرة غرنادا.

التكيف مع الرطوبة

العمل الشاق منهك في الجو الرطب خاصة لمن لم يتعوده، لأنه يتعذر تبريد الجسم (بالتعرق) في الهواء الرطب. لكن بالتمارين والممارسة يصبح الجسم أكثر فعالية واحتمالاً. لقد دأبت الرياضة البريطانية، يفون موري، على التدريب في دفيئة حيث الرطوبة عالية؛ استعدادًا للمشاركة في مباراة البطولات العالمية في طوكيو، باليابان، حيث الرطوبة أكثر بكثير مما هي عليه في بريطانيا.

فرديناند الثاني

كان دوق تسكانيا،

فرديناندو دي

ميديشي

(١٦١٠-١٦٧٠)،

عالمًا ومُخترًا

إيطاليًا يعمل مع

غاليليو.

فاخترع عام

١٦٥٥ مرطاب

التكاثف - وتُحسب به رطوبة الهواء بقياس

كمية الندى المتكاثف على سطح بارد. كما

أخترع أيضًا ميزان الحرارة (الترمومتر)

الحديث ذا الأنبوب الزجاجي المسدود بطريقة

خاصة تضمن عدم تأثير الضغط الجوي على

نتائج قراءاته.



لمزيد من المعلومات انظر

تغيرات الحالة ص ٢٠

الحرارة ص ١٤٠

تكون السحب ص ٢٦٢

الضباب والسيورة والضخان ص ٢٦٣

المطر ص ٢٦٤، رصد الطقس ص ٢٧٢

الصحارى ص ٣٩٠

الغابات المطيرة الاستوائية ص ٣٩٤

الجبهات المناخية

طقس العالم المتباين حول الأرض تحكمه منظومات جووية مدومة ضخمة تُعرف بالمرتفعات والمنخفضات الجوية - أي مناطق الضغط العالي والخفض. فمناطق الضغط العالي (مضادة الأعاصير) تتكون بالهواء الهابط، وتتحرك ببطء يستقر به الطقس. وهذا الهواء الجاف يجعل الطقس جافاً وحاراً في الصيف، وبارداً صافياً في الشتاء. أما مناطق الضغط الخفيض، المعروفة بالمنخفضات الجوية، فسببها الهواء الصاعد؛ ويحدث هواؤها الرطب سحباً ومطراً، وربما ثلجاً. ويتكون المنخفض الجوي بتصادم نطاق من الهواء الساخن مع آخر من الهواء البارد، فيتدافعان دون أن يمتزجا. فتتكون الجبهات عند حدود الكتل الهوائية ويصبح الطقس غير مستقر. وقد يبلغ عرض المنخفض الضغطي مئات الكيلومترات، لكنه غالباً ما يعبر الأجواء في أقل من ٢٤ ساعة. عادة، الجبهة الدافئة هي التي تصل أولاً؛ وبعد عبورها تأتي الجبهة الباردة في إثرها.



حلول جبهة دافئة

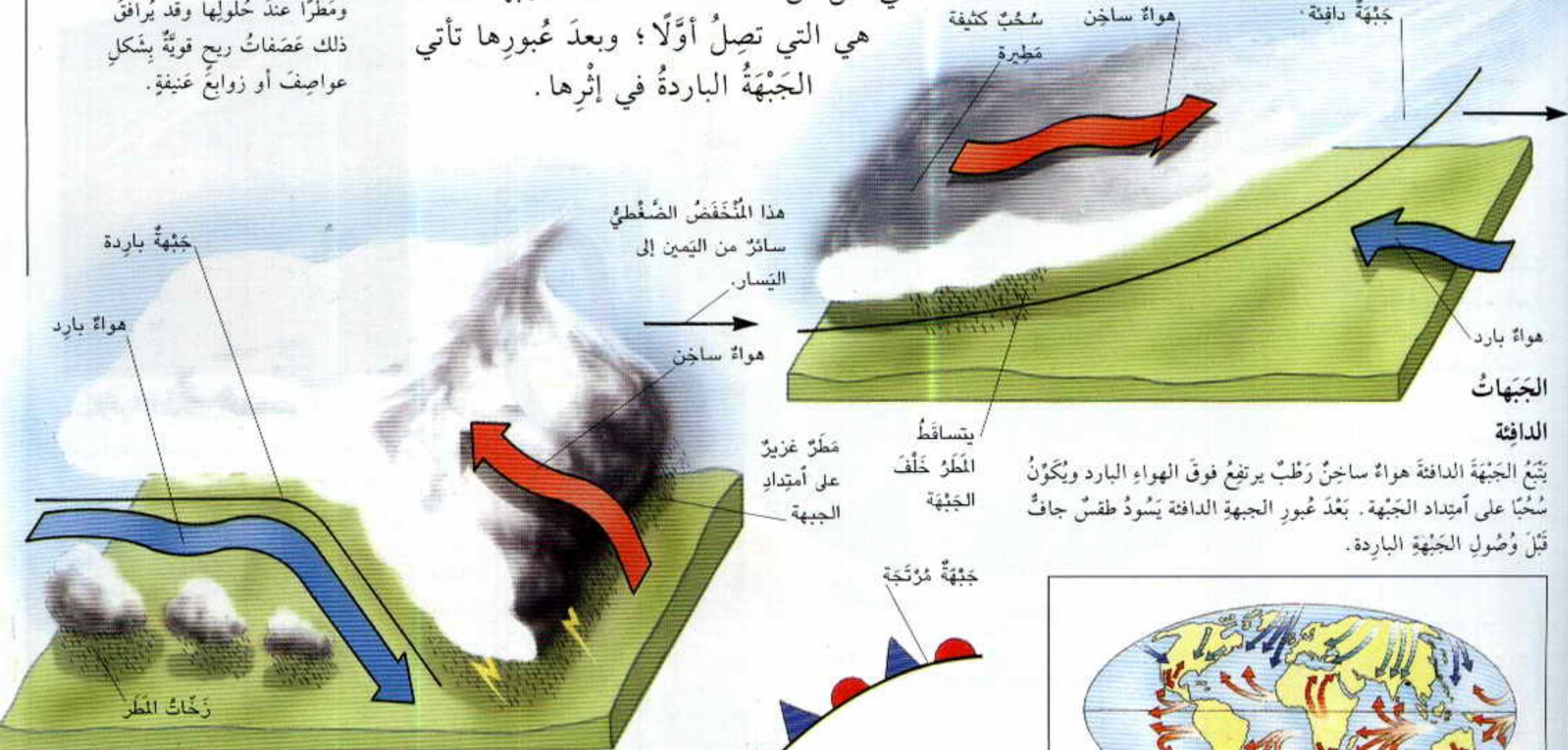
لا يتغير الطقس في البداية عند حلول الجبهة الدافئة وتبدو أول دلائل التغير بظهور سحب سمحاقية رقيقة في أعالي الجو يليها رذاذ خفيف.

سمحاق (سحاب رقيق)



حلول جبهة باردة

تجلب الجبهة الباردة سحباً ومطراً عند حلولها وقد يرافق ذلك عصفات ريح قوية بشكل عواصف أو زوايع عيفة.



الجبهات الدافئة

يتبع الجبهة الدافئة هواء ساخن رطب يرتفع فوق الهواء البارد ويكوّن سحباً على امتداد الجبهة. بعد عبور الجبهة الدافئة يسود طقس جاف قبل وصول الجبهة الباردة.

الجبهات الباردة

الجبهة الباردة وراءها هواء بارد، وهي أكثر أنحداراً من الجبهة الدافئة. يندفع الهواء البارد تحت الهواء الساخن، فيرتفع بخار الماء ويتكثف سحباً وأمطاراً. ومع انخفاض ضغط الهواء تشد الرياح. ويعقب تقدم الجبهة غالباً زخات المطر من السحب المطيرة المتقاطرة خلفها.

خريطة الطقس

تمثل الجبهات

على خريطة الطقس بخطوط ذات أسلّات، أو ذات حذبات. فالأسلّات تبيّن الجبهة الباردة، بينما تشير الحذبات إلى جبهة دافئة. أحياناً كثيرة، عند تحرك المنخفض الجوي، تلتحق الجبهة الباردة بالجبهة الدافئة، فتتأوب الأسلّات والحذبات على امتداد الخط، ويمثل هذا جبهة مُرتجة.



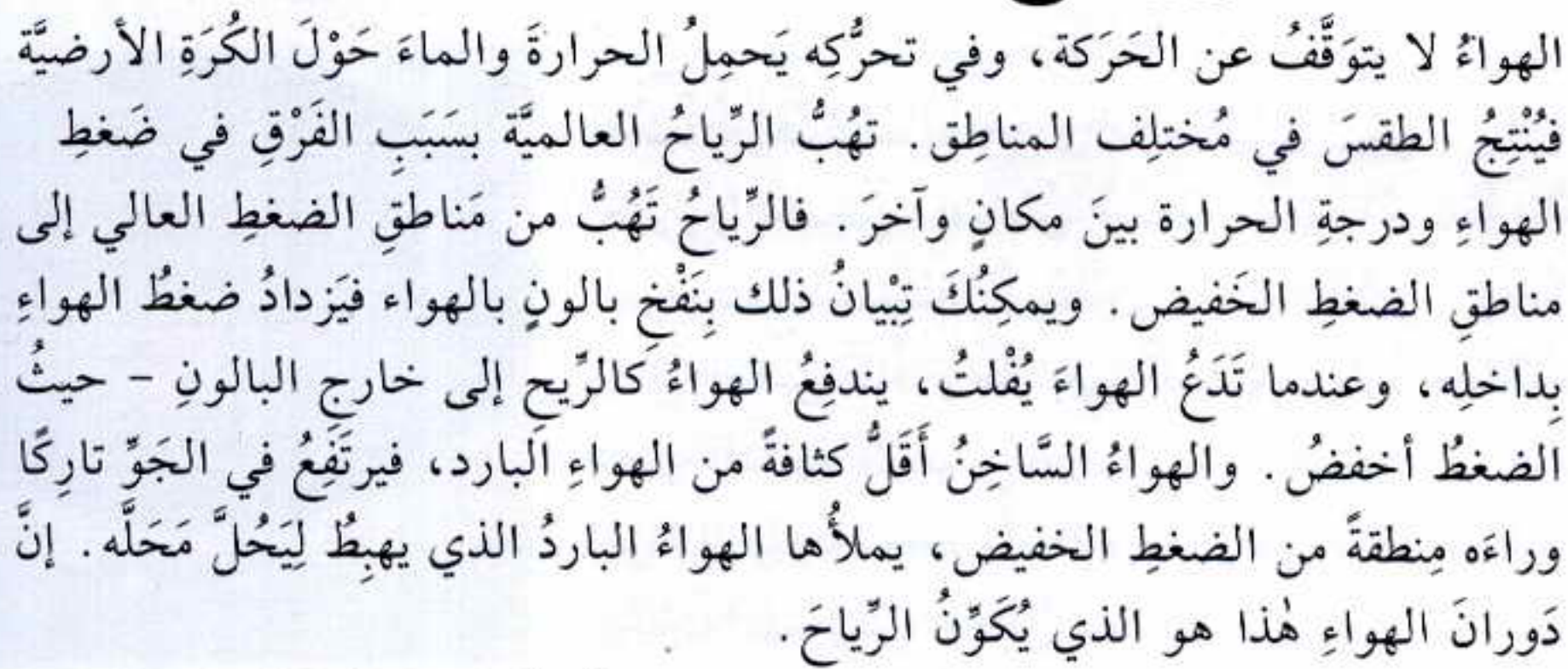
جاف حار
مُداري قاري
رطب دافئ
مُداري بحري
جاف بارد
قُطبي قاري
رطب بارد
قُطبي بحري

الكتل الهوائية

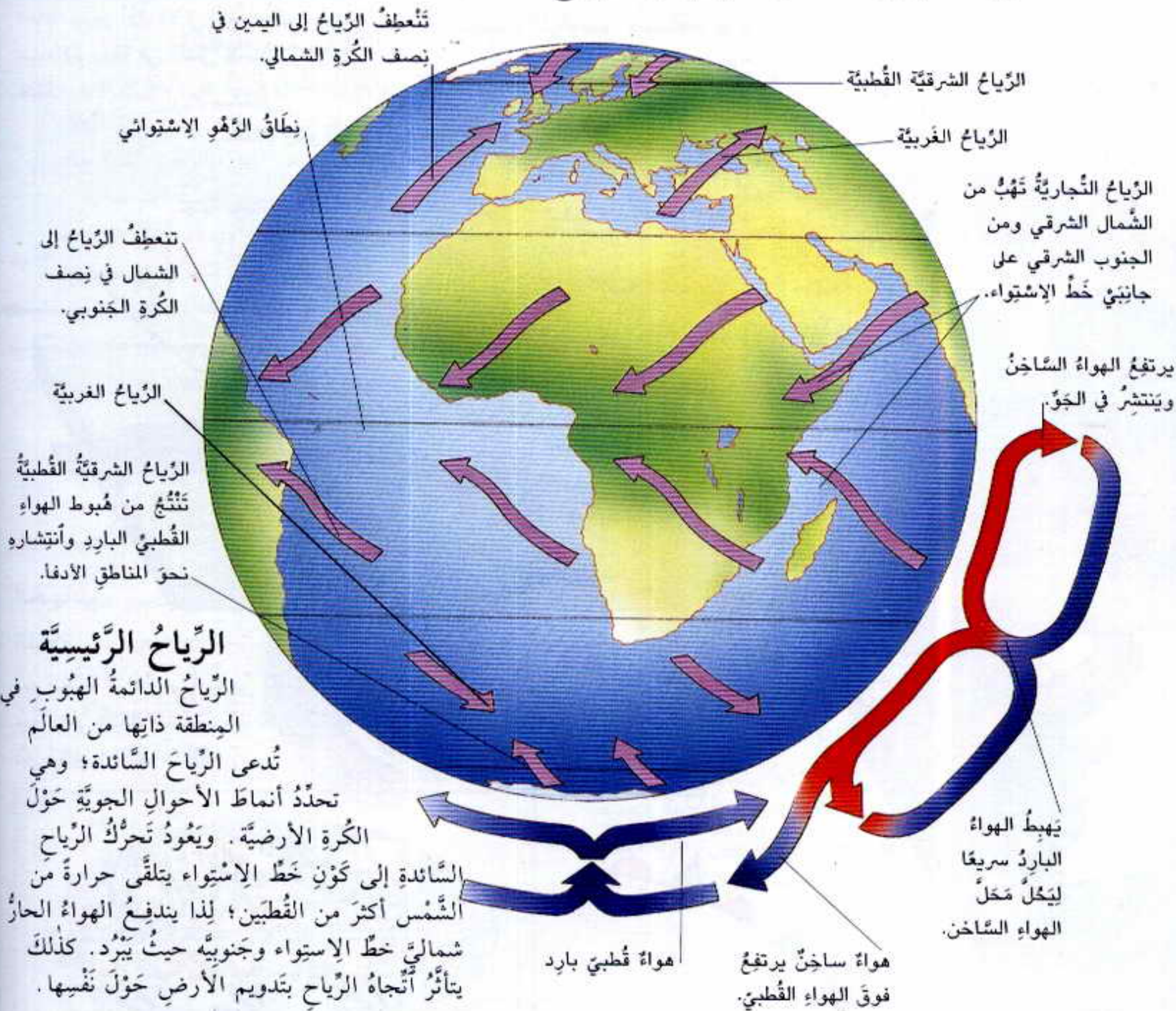
تتكون فوق أقسام مختلفة من الأرض أربع كتل هوائية رئيسية؛ وهي تؤثر في طقس المناطق التي تقع فوقها. تسوق الرياح تلك الكتل؛ وحيث تتلاقى هذه الكتل وتتزاخم يكون الطقس متقلباً جداً.

لمزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- الرطوبة ص ٢٥٢
- السحب ص ٢٦٠
- تكون السحب ص ٢٦٢
- التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠



يُستخدَمُ كُمُ الرِّيحِ فِي المَطَارَاتِ الصَّغِيرَةِ لِتُبَيِّنَ شِدَّةَ الرِّيحِ وَأَتَجَاهَهَا لِربَابَةِ الطَّائِرَاتِ. فَالْكُمُ الْمُتَهَذَّلُ يَعْنِي رِيحًا خَفِيفَةً رُخَاءً. لَكِنْ عِنْدَمَا يَشْتَدُّ هُبُوبُ الرِّيحِ، يَمْتَلِئُ الْكُمُ بِهَوَاءٍ مُتَحَرِّكٍ وَيَتَفْجَعُ عَارِمًا بِاتِّجَاهِ هُبُوبِ الرِّيحِ. وَتَوْصَفُ الرِّيحُ بِالاتِّجَاهِ الَّذِي تَهْبُ مِنْهُ - فَالرِّيحُ الْغَرْبِيَّةُ، مَثَلًا، تَهْبُ مِنَ الْغَرْبِ، وَالرِّيحُ الشَّمَالِيَّةُ تَهْبُ مِنَ الشَّمَالِ.



على ارتفاع حوالي ١٠ كم فوق سطح الأرض يدور تياران نافوريان قويان حول الأرض - واحد في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصف الكرة الجنوبي. وهذه الصورة، الملتقطة من الفضاء، تبين سحب التيار النافوري فوق مصر. ولا يتعدى عرض التيارين النفاثين بضع مئات من الكيلومترات، لكنهما يمتدان أحيانا إلى نصف المدى حول الأرض. ويهتان عادة بسرعة تقارب ٢٠٠ كم/ساعة أو أكثر. هذان التياران عظيمتا الأثر في تحريك الكتل الهوائية الرئيسية؛ وبالتالي، فتأثيرهما عظيم في أحوال الطقس.

في جميع أنحاء العالم هنالك رياح محليةٌ مُنظمةٌ تُعرفُ
بأسماءٍ خاصّةٍ كالفُهن، مثلاً، وهي رِيحٌ جافّةٌ تهبُّ
من جبال الألب في أوروبا. العاصفةُ المميّنةُ في
الصورة هُنا تهبُّ فوقَ مايزهورن في جبال
الألب. ومن الرّياح المحليّةُ أيضًا الشّبنوكُ،
وهي رِيحٌ جافّةٌ تهبُّ مُنحدرةً شرقيّ جبال
الرّوكيز في أمريكا الشماليّة، فتسبّبُ تغيّراتٍ
سريعةً في درجات الحرارة والرّطوبة. ومنها
كذلك رِيحُ الطّيب وهي نَسيمٌ بحريٌّ مُعشّشٌ
قُرابةُ الظّهيرة في فريمنتل، بأستراليا؛ ومنها أيضًا
الهاميرو وهي رِيحٌ جنوبيّةٌ غربيّةٌ باردةٌ تهبُّ من جبال
الأنديز في أمريكا الجنوبيّة.

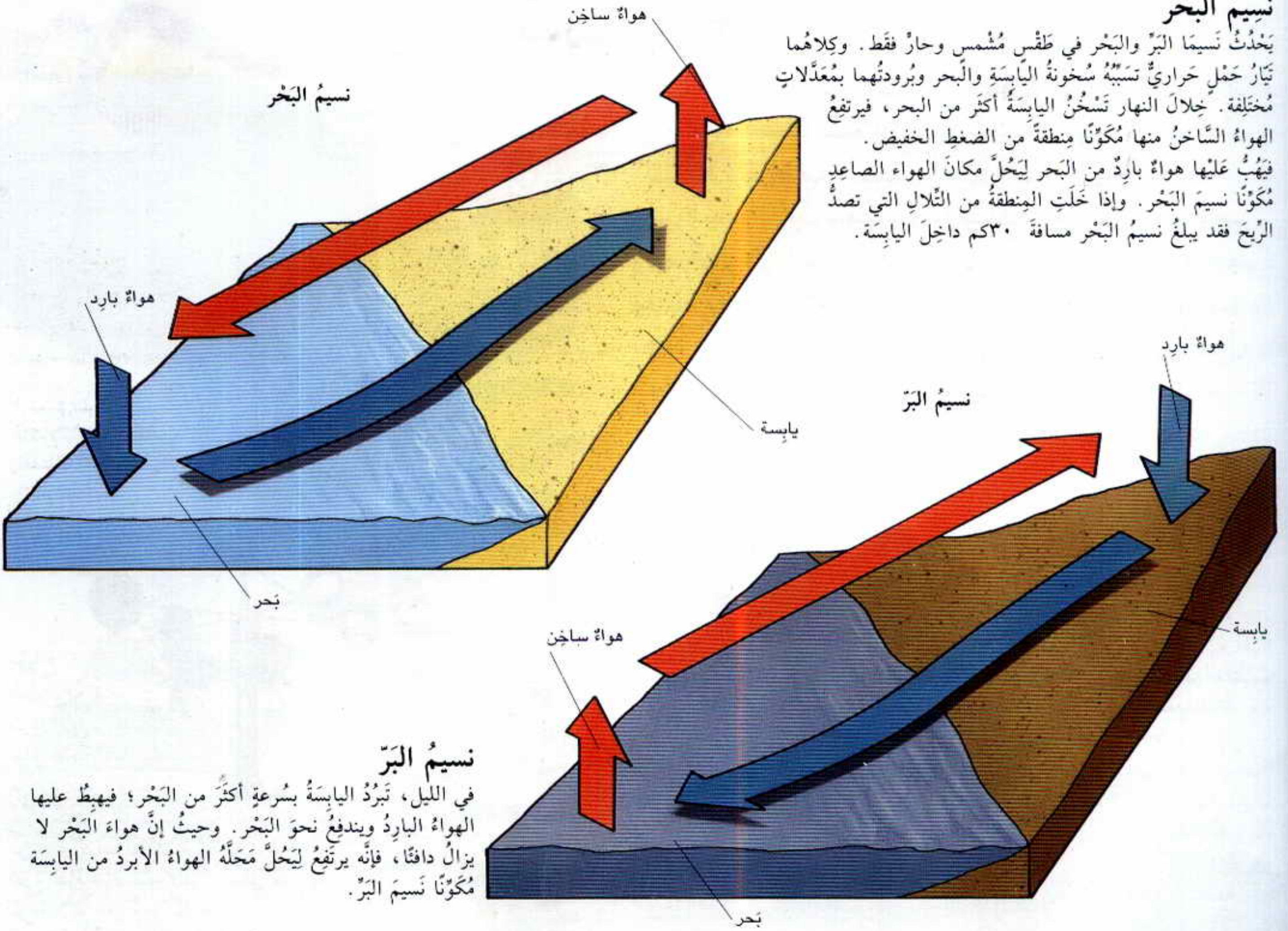


تَمَدُّ عَلَى طَوْلِ حَظِّ الْإِسْتِوَاءِ مِثْلُهَا
 مِنَ الضَّغْطِ الْخَفِيفِ، حَيْثُ تَتَلَاقَى
 الرِّيحُ التَّجَارِيَّةُ. فِي هَذِهِ الْمِنْطَقَةِ،
 الْمَعْرُوفَةِ بِمِثْقَالِ الرُّهُوَ الْإِسْتِوَائِيِّ،
 تَحْمَدُ الرِّيحُ. وَكَانَتْ حَرَكَةُ السُّفُنِ
 الشَّرَاعِيَّةِ تَتَعَطَّلُ بِسَبَبِ خُمُودِ الرِّيحِ
 فِي هَذِهِ الْمِنْطَقَةِ؛ وَقَدْ تَنَفَّذَ مُؤْنُهَا مِنَ
 الطَّعَامِ وَالْمَاءِ بِأَنْتِظَارِ أَنْجِرِهَا نَحْوَ
 الرِّيحِ التَّجَارِيَّةِ.



نسيم البحر

يحدث نسيم البحر والبر في طقس مشمس وحار فقط. وكلاهما تيار حمل حراري تسببه سخونة اليابسة والبحر وبرودتهما بمعدلات مختلفة. خلال النهار تسخن اليابسة أكثر من البحر، فيرتفع الهواء الساخن منها مكوناً منطقة من الضغط الخفيض. فيهب عليها هواء بارد من البحر ليحل مكان الهواء الصاعد مكوناً نسيم البحر. وإذا خلت المنطقة من التلال التي تصد الرياح فقد يبلغ نسيم البحر مسافة ٣٠ كم داخل اليابسة.



نسيم البر

في الليل، تبرد اليابسة بسرعة أكثر من البحر؛ فيهب عليها الهواء البارد ويندفع نحو البحر. وحيث إن هواء البحر لا يزال دافئاً، فإنه يرتفع ليحل محله الهواء الأبرد من اليابسة مكوناً نسيم البر.

برج الرياح

في القرن الأول ق.م.، شيد عالم الفلك اليوناني، أندرونيكوس، برجاً للرياح؛ يتألف من ثمانية جوانب نقش على كل جانب منها إله للريح. وكان كل إله يمثل نمط الريح الخاص به؛ فظهر بوريوس، إله الريح الشمالية الباردة، على شكل رجل عجوز مرتدياً ملابس دفيئة ويعزف موسيقاه على صدفة محارة؛ بينما بدا إله الريح الشرقية الدافئة مرتدياً ملابس خفيفة ويحمل فاكهة وحجراً.



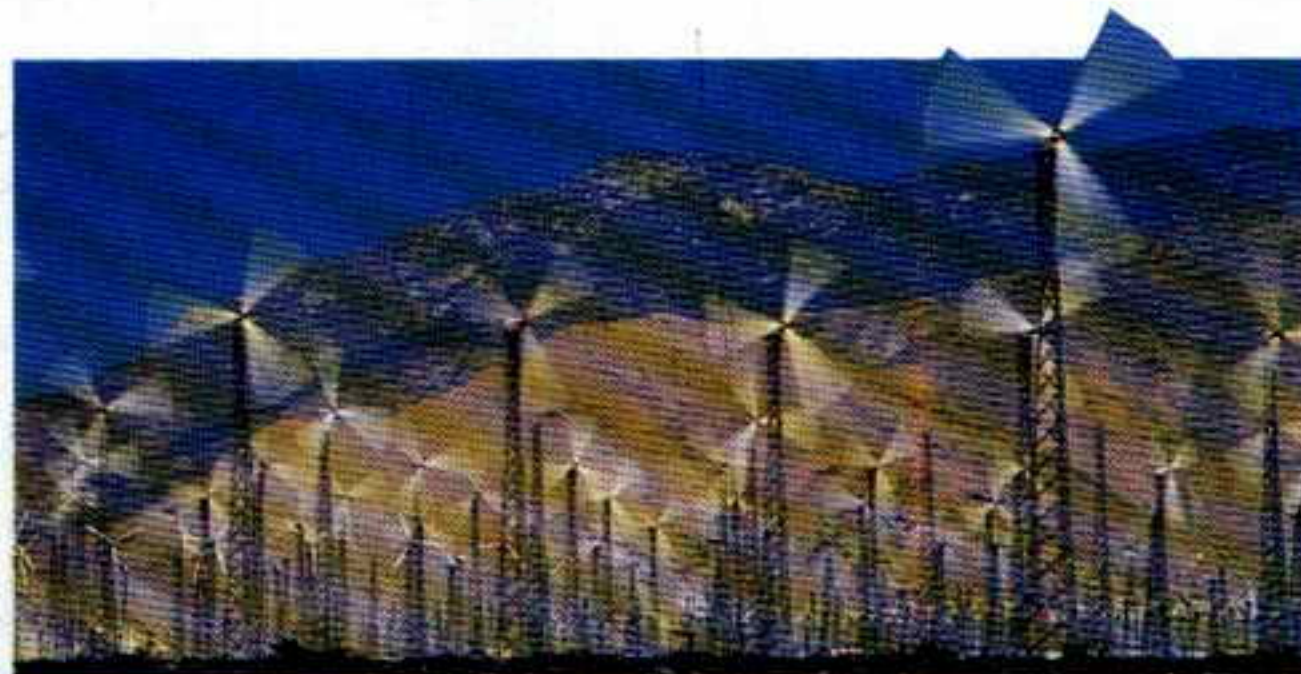
أرقام قياسية للريح

ساحل جورج الخامس في القارة القطبية الجنوبية - المبيّن هنا هو أكثر الأماكن تعرّضاً لهبوب الرياح في العالم حيث تهبّ الرياح على نحو منتظم بسرعة ٣٢٠ كم/سا. أمّا الرقم القياسي المسجل لأسرع ربح على سطح الأرض فهو ٣٧١ كم/سا؛ وذلك على جبل واشنطن، في نيوهامبشير، بالولايات المتحدة، وقد سُجّل في ١٢ نيسان (إبريل) عام ١٩٣٤.



قدرة الريح

يمكن تسخير الريح لتوليد الكهرباء. ففي محطة اختبارية بالولايات المتحدة، تُدار، طبيعياً، صفوف متوالية من الطواحين الهوائية بقدرة الرياح المحلية. وهي بدورها تُسيّر توربينات مولّد كهربائي تُنتج بمجموعها طاقة كهربائية تكفي لإمداد مدينة صغيرة بالكهرباء للإضاءة والتدفئة. وبخلاف محطات القدرة العاملة بالفحم أو بالطاقة النووية، فالتربينات الهوائية لا تُحدث تلوثاً.



لمزيد من المعلومات انظر

- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الفصول ص ٢٤٣
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- الجيئات المناخية ص ٢٥٣

قُوَّةُ الرِّيح

لِلرِّيح تأثيرٌ كبيرٌ على حياتنا، فهي الصديق والعَدُوُّ في آنٍ - أحياناً تهبُّ لطيفةً في نسيم مُنعشٍ، وأحياناً أخرى تهبُّ عَنيفةً في عواصفٍ وأعاصيرٍ تُسبِّبُ أضراراً واسعةً النطاق تدميرًا وقتلاً. أوَّلُ مُحاولَةٍ مُقنَّنةٍ لبيان سرعة الرِّيح كانت من وَضع الأميرال السير فرَنسيس بوفُورْت عامَ ١٨٠٥. فقد أَسْتَبْطَ مقياساً يُساعدُ البَحَّارةَ في تقدير قُوَّةِ الرِّيح. قديماً، كانت طاقة الرِّيح تُستخدَمُ في طحن الحُبوب؛ وحديثاً لا تزالُ طاقة الرِّيح تُستخدَمُ رُغمَ كُلِّ التَّقْنِيَّاتِ الحديثة. فهي اليومَ تُسَخَّرُ في إدارة التُّربيناتِ الهوائيةِ لِتوليد الكهرباء.

٠ (صِفَر) هواء ساكن. دخانُ المداخن يَصْعَدُ عَمودياً.

١. هواء خَفِيف - مُعدَّلُ سرعة الرِّيح ٣ كم/سا. يَنحَرِفُ الدُّخانُ قليلاً.

٢. نسيمٌ خَفِيف - سرعة ٩ كم/سا. تُسْمَعُ خَفِيفُ أوراقِ الشَّجَرِ، وتُجسُّ بالهواء على وَجْهِكَ.

٣. نسيمٌ لطيف - سرعة ١٥ كم/سا. أوراقُ الشَّجَرِ وأغصانها الطَّرِيئةُ تتحرك، والأعلامُ تُرْفَرِف.

مِرياح (مقياس رِيح) من القُرْنِ التاسع عَشَرَ.

مِرياح

المِرياح آلة لقياس سرعة الرِّيح. وكانت أوائلُ هذه الآلات تتألفُ

من كُرَّةٍ تُدْفَعُ فوق مقياسٍ مُدرَجٍ مَقُوسٍ. أمَّا مقياسُ الرِّيح الحديثة فتتألفُ من ثلاثة أكوابٍ أو أكثرٍ مُركَّبةٍ على أطرافِ أذرعٍ تُدَوِّمُ حَوْلَ عَمودٍ قائمٍ، فتُسَجَّلُ بِدَوْرانها سرعة الرِّيح على قُرْصٍ مُدرَجٍ.

مِقياسُ بُوْفُورْت

مِقياسُ قُوَّةِ الرِّيح هذا اعتمدَ أَضْلاً على تأثيراتِ سرعة الرِّيح على سفينةٍ شِراعِيَّةٍ كامِلَةٍ التجهيز، لِيُحدِّدَ كميَّةَ الأشْعة التي يجبُ نَشْرُها أثناء هُبُوبِ الرِّيح المُختلفة الشَّدة. ولا يزالُ هذا المِقياسُ يُستخدَمُ حتَّى اليوم، وقد كُيِّفَ لِلاستِخدام على اليابسة أيضاً. يتألفُ المِقياسُ من ١٣ درجة تُحدِّدُ قُوَّةَ الرِّيح من السُّكونِ التامِّ حتَّى الأعاصيرِ.

السير فرَنسيس بُوْفُورْت

وُلِدَ السيرُ فرَنسيس بُوْفُورْت (١٧٧٤-١٨٥٧) في إيرْلندا. والتحقَ بالبحريَّة الملكية البريطانية، وهو في الثانية عشرة من عُمره، فقضى في الخدمة الفِعلِيَّة أكثرَ من ٢٠ عاماً. استنبطَ بُوْفُورْت مِقياسَه لِلرِّيح بَعْدَ سنواتٍ عديدةٍ من مُراقبة السُّفن في عُرضِ البَحْرِ.



عاصف



هادئ

٤. رِيحٌ مُعتدلة - سرعة ٢٥ كم/سا. الأغصانُ الصغيرة تتحرك؛ وقصاصاتُ الورق تنطأ.

٥. رِيحٌ نشِطة - سرعة ٣٥ كم/سا. الأشجارُ الصغيرة تأخذُ بالتماوُج.

٦. رِيحٌ قويَّة - سرعة ٤٥ كم/سا. يصعبُ التحكُّمُ بالمِظلة؛ والأغصانُ الكبيرة تتحرك.

٧. شِبْهُ النُّوء - سرعة الرِّيح ٥٦ كم/سا. تتماوُجُ الأشجارُ بكاملها.

٨. نوء - سرعة الرِّيح ٦٨ كم/سا. صُغوبَةُ السَّير ضدَّ الرِّيح. تتقصَّفُ الأغصانُ الطَّرِيَّة.

٩. نوءٌ عَنيف - سرعة الرِّيح ٨١ كم/سا. تتقصَّفُ الأغصانُ وتتطايرُ أغطيةُ المداخن.

١٠. عاصفة - سرعة الرِّيح ٩٤ كم/سا. تنصَّرُ المنازلُ وتُقتلعُ الأشجار.

١١. عاصفةٌ عَنيفة - سرعة الرِّيح ١١٠ كم/سا. دمارٌ بالغ.

١٢. إعصار - سرعة الرِّيح أكثرُ من ١١٨ كم/سا. دمارٌ واسعُ النطاق.

مهرجانُ الطائرات الورقية

طَيرَ الصِّينِيُّونَ طائراتَ ورَقِيَّةٍ منذَ ٢٥٠٠ سنة؛ أمَّا اليوم، فَيُطَيِّرُها الناسُ في سائرِ أنحاءِ العالمِ للتسلية. وفي اليابان، تُزَيَّنُ الطائراتُ الورقيةُ التقليديةُ بشخصياتٍ أو حيواناتٍ أسطورية تُرمِزُ إلى أشياء مُختلفة.



لمزيد من المعلومات انظر

مصادرُ الطاقة ص ١٣٤
الرِّيح ص ٢٥٤
الأعاصير ص ٢٥٨
الأعاصير الدَّوامِيَّة ص ٢٥٩

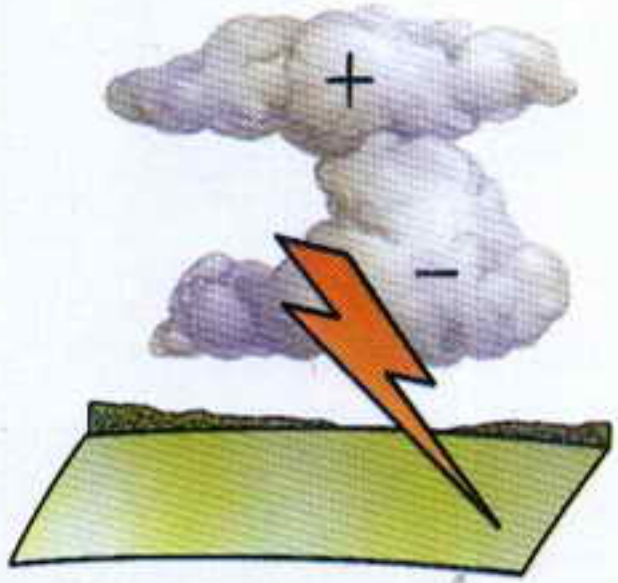
البرق والرعد

تتكوّن السُّحُبُ الرَّعَادَةُ القاتِمةُ في الأيامِ الرُّطْبَةِ الحارّةِ ويبلُغُ عَرْضُ السَّحَابَةِ منها قُرابةَ ٥ كم وأزْتِفَاعُهَا ٨ كم. وكثيرًا ما تكونُ العاصفةُ الرعديةُ وَحْدَةً أو «خَلِيَّةً» قائمةً بذاتها، ضِمْنَ مَجْمُوعَةٍ من العواصف التي قد يبلُغُ عَرْضُهَا ٣٠ كم، وقد تستمرُّ خَمْسَ سَاعَاتٍ أو أكثر. وقد تُصْبِحُ الخَلِيَّةُ الواحدةُ أحيانًا «عاصفةً فائقةً» يَزِيدُ عَرْضُهَا على ٥٠ كم، وقد تُنتِجُ برَدًا كبيرًا مَضْحُوبًا بالبرق والرعد. وإذا كانتِ العاصفةُ في السَّمْتِ فوقك، فستَسْمَعُ الرَّعْدَ وترى البرقَ في آنٍ معًا. أمّا إنْ كانتِ بعيدةً فسَترى البرقَ أوَّلًا، لأنَّ الضوءَ أسرعُ من الصوتِ بكثير. وإذا حَسَبْتَ الثواني الفاصلةَ بين رُؤيةِ البرقِ وسَماعِ الرَّعْدِ فَيُمْكِنُكَ تَقْدِيرُ بُعْدِ العاصفةِ عنك، بالكيلومترات، بِقِسْمَةِ ذلك الفارقِ على ٣.

البرق

الصَّفْحِي

إذا أُنَارَ وَبَيَضَ البرقُ السَّمَاءَ، فهو برقٌ صَفْحِيٌّ يَخْدُثُ داخلَ السَّحَابَةِ الرَّعْدِيَّةِ كَتَفْرِيعِ بَرْقِيٍّ دُونَ أَنْ يَهْبِطَ إِلَى الْأَرْضِ.



الشَّخَنَاتُ

الكهربائية

إنَّ تصادمَ

جُسيماتِ

الماءِ والجليدِ

داخلَ سَحَابَةٍ

رَّعَادَةٍ يُولِّدُ رَكْمًا من الكهربائيّةِ السَّائِكةِ؛ فتتراكمُ الشَّخَنَاتُ المُوجِبَةُ في أعلى السَّحَابَةِ، وتحتشدُ الشَّخَنَاتُ السَّالِبَةُ في أسفلِها مُحاولَةً الإفلاتَ نحوَ الأرضِ. وعندما يبلُغُ فَرْقُ الجُهدِ بين الشَّخَنَاتِ حَدًّا كافِيًا، يَمُضُ التَّفْرِيعُ البَرْقِيُّ من أسفلِ السَّحَابَةِ نحوَ أعلاها أو من أسفلِها نحوَ الأرضِ.



العاصفةُ الرَّعْدِيَّةُ

تتكوّنُ السُّحُبُ الرَّعَادَةُ عندما يندفعُ الهواءُ الرُّطْبُ الدافئُ صُعدًا في أعالي الجوّ ويبردُ بِشِدَّةٍ فجأةً؛ فيَتَجَمَّدُ بعضُ الماءِ داخلَ تلكَ السُّحُبِ. ويفعلُ تياراتُ الهواءِ القويّةُ تصادمَ بلوراتِ الجليدِ وقطيراتِ الماءِ فيفقدُ الجليدُ جُسيماتٍ دقيقةً مشحونةً تُدعى إلكترونات، وهكذا يتنشأ تراكمٌ من الشَّخَنَاتِ الكهربائيّةِ. هذه الشَّخَنَاتُ تُطَلِّقُ بصاعقةً بَرْقِيَّةً تُسَخِّنُ الهواءَ حَوْلَها إلى درجةِ حرارةٍ تفوقُ التَّصَوُّرَ، تقاربُ ٣٠,٠٠٠ س - أي خمسَ مَرَّاتٍ أحرَّ من درجة حرارةِ سَطْحِ الشَّمْسِ. هذه الحرارةُ الفائقةُ تُسَبِّبُ تَمَدُّدَ الهواءِ بِسرعةٍ كبيرةٍ - تزيّدُ على سرعةِ الصوتِ في الهواءِ؛ وهذا يُسَبِّبُ قُصْفَ الرَّعْدِ.

البرقُ المُتَشَعِّبُ

يبدأ البرقُ المُتَشَعِّبُ عندما تتعرَّجُ «صاعقةٌ طليعيّةٌ» نحوَ الأرضِ بِسرعةٍ ١٠٠ كم/سا مُتَّخِذَةً أسهلَ المساراتِ.

فتُحْدِثُ مَسَارًا من الهواءِ المَشْحُونِ كهربائيًا لصاعقةٍ رَجَعِيَّةٍ، أو رئيسيّةٍ، تُنْطَلِقُ مُرْتَدَّةً في التَّوْ؛ وهذه الصاعقةُ المُرْتَدَّةُ هي التي تُشَاهِدُهَا.

الأمِكنَةُ الآمِنَةُ

إذا فَاجَأَتْكَ عاصِفَةٌ رعديةٌ خارجَ البيتِ، فتنجَّبِ اللجوءَ تَحْتَ شجرةٍ باسِقَةٍ مُعْزُولَةٍ. فالتفريغُ البَرْقِيُّ يتوخى دومًا أسرعَ المساراتِ إلى الأرضِ، وقد يَضْرِبُ الشَّجَرَةَ. إنَّ داخلَ السيَّارةِ هو أَحَدُ أكثرَ الأماكنِ أمانًا من الصواعقِ. فإذا ضَرَبَتِ الصاعقةُ سيَّارةً، فإنَّ هيكلَها الفولاذيَّ يُمرِّرُ الكهرباءَ على سَطْحِ السيَّارةِ إلى الأرضِ.



إلهُ الرَّعْدِ

كان ثور إلهُ الرَّعْدِ عند الإسكندنافيين القدماء؛ ويتمثَّلُ هنا بتمثالِ برونزِيٍّ من القرنِ العاشرِ في آيسلندا. ويُزَعَمُ أَنَّهُ كانَ رَجُلًا ضَخْمًا أحمرَ شَعْرَ الرأسِ واللَّحْيَةِ ذا قُوَّةٍ وَقُدْرَةٍ هائلتين. فكانتِ سِهامُهُ البارِقَةُ تُسْقِطُ الصواعقَ من السُّحُبِ حَسَبَ أَعْيَادِهِم.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكهربائيّة السَّائِكة ص ١٤٦
- الكهرباءُ التَّيارِيَّةُ ص ١٤٨
- الصَّوْتُ ص ١٧٨
- الضَّوْءُ ص ١٩٠
- البَرْدُ ص ٢٦٧
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤

الأعاصير

الأعاصير (وتُسمى أحياناً العواصف المدارية) تستطيع اقتلاع الأشجار وتدمير المباني وإتلاف المحاصيل. والأمطار الغزيرة التي ترافقها تحدث فيضانات؛ وقد تُعمر المناطق الساحلية بالأمواج الضخمة المندفعة بريح عاتية تقارب سرعتها ٣٠٠ كم/سا. تأخذ الأعاصير بالتكوّن عندما تثير حرارة الشمس الهواء الرطب صعوداً فوق المحيطات حيث تتجاوز درجة الحرارة ٢٧° س. في البداية قد يبلغ قطر دائرة المنخفض الجوي في مركز (أو عين) العاصفة ٣٠٠ كم، ولا تتجاوز شدة الريح مستوى النوء. لكن مع تضيق قطر عين العاصفة إلى حوالي ٥٠ كم، تأخذ الريح بالتدويم حول العين بزخم إعصاري.



الإعصار أندرو

اكتسح الإعصار أندرو ولاية فلوريدا، بالولايات المتحدة عام ١٩٩٢. وأُنذِر الناس بقدوم الإعصار فجلاً الكثير منهم عن المنطقة. وكانت حصيلة الإعصار مقتل ١٥ شخصاً وبقاء ٥٠ ألفاً دون مأوى.

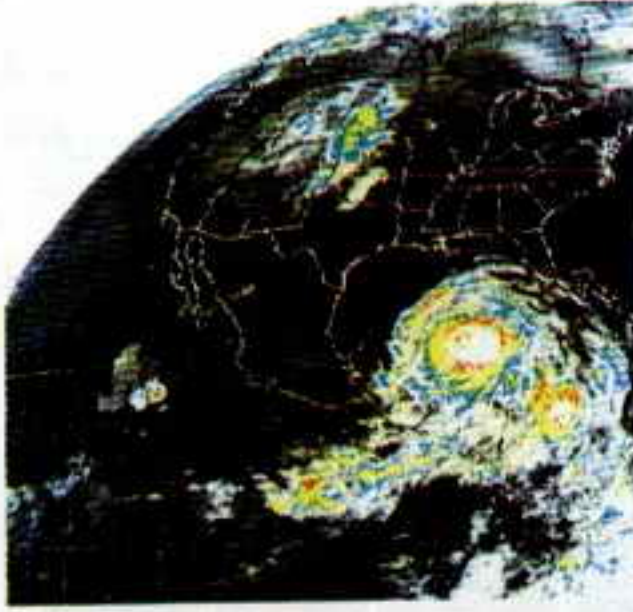
يُدوّم الهواء شَرّاً (بعكس اتجاه عقارب الساعة) في أعاصير نصف الكرة الشمالي، وبتأ (باتجاه عقارب الساعة) في نصف الكرة الجنوبي.

يُحاول الغمام تكوين عين ثانية في الإعصار عن طريق ذر بلورات الملح أو الجليد أو يُويد الفضّة. فبإتصال هذه العين بعين الإعصار الأولى، لتكوين عين كبيرة واحدة، يُمكن خفض سرعة الريح.

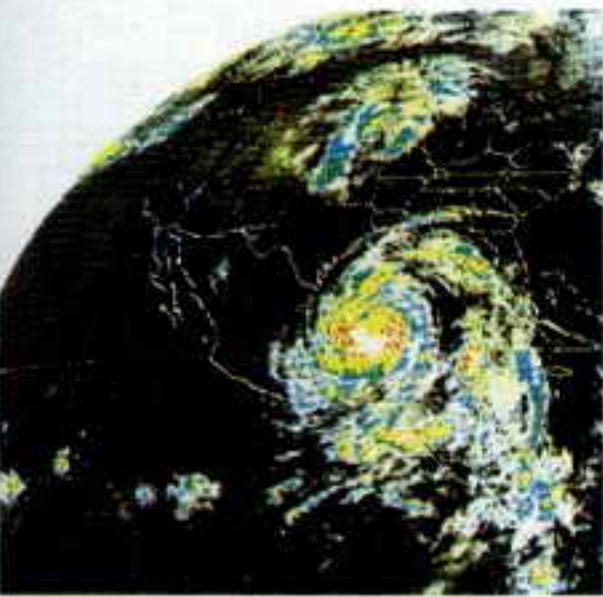
دائرة ضخمة من السحب تشكلت بانتشار الهواء من قمة العاصفة.

عين الإعصار

١. في بدء الإعصار، يُسقط الهواء نحو مركز المنخفض الجوي (حيث الضغط الخفيض) مُستتباً رياحاً سطحية عاتية.

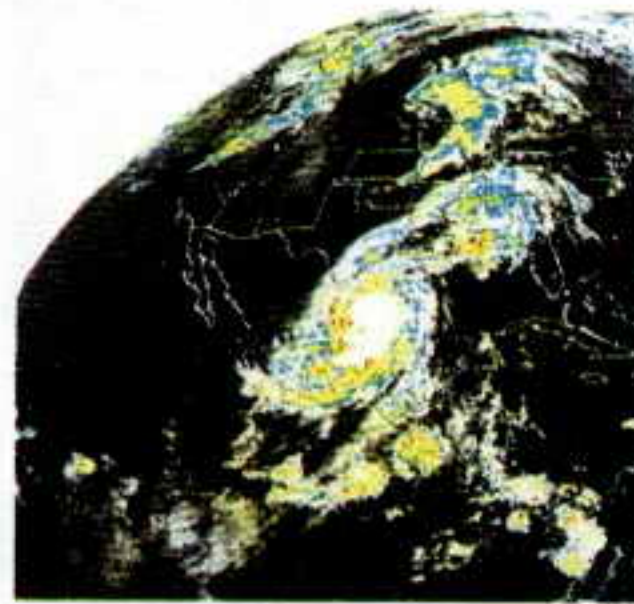


٢. إذا كانت عين الإعصار واسعة جداً، تكون الرياح المحيطة ضعيفة. لكن مع تضيق عين الإعصار تزداد الرياح سرعةً وغنفاً.



عاصفة أو إعصار؟

يترصد علماء الأرصاد الجوية الأعاصير المحتملة؛ فُتستخدم السواتل لالتقاط صور المُتنبّات منها. وتُساعد صور السواتل هذه علماء الأرصاد في كشف المواقع التي يُحتمل فيها تحوّل العاصفة إلى إعصار والتنبؤ عن مساره المُرجح.



٣. مع تقدّم الإعصار، تَشَدُّ سرعة الهواء فيُدوّم صعوداً في مسار لولبي هائل.



٤. في أوج قوّة الإعصار، تُدوّم الرياح بسرعة تفوق ١١٨ كم/سا؛ ولا تخفّ جدته إلا بعد مروره فوق اليابسة أو فوق مياه أبرد - أقل من ٢٧° س.

ماذا يحدث في الإعصار؟

عين الإعصار، في مركزه، منطقة هادئة تنشأ حولها صعوداً عموداً ضخماً من الهواء الرطب الحار. وفي مساره اللولبي إلى أعلى يبرد هذا الهواء وتكثف رطوبته أمطاراً. ومع أن أغزر الأمطار وأغنى الرياح تحدث بمحاذاة عين الإعصار، فإن آثاراً أخفّ جدّة يُمكن ملاحظتها على بُعد ٤٠٠ كم منها.

كليمنت راج

الأسترالي كليمنت راج (١٨٥٢-١٩٢٢) هو

صاحب فكرة تسمية الأعاصير بأسماء نسوية؛ ويقال إنه كان يختار لها أسماء نساء يكرههن! ومنذ عام ١٩٧٠،

تقرّر وضع لائحة أبجدية، سنوياً، تحيل أسماء نسوية ورجالية متناوبة؛ وكلما اكتشفت إعصار جديد، يُعطى الاسم التالي على اللائحة.



لمزيد من المعلومات انظر

ضغط الهواء ص ٢٥٠
الرطوبة ص ٢٥٢
قوة الرياح ص ٢٥٦
تكوّن السحب ص ٢٦٢
المطر ص ٢٦٤
التنبؤ بالأحوال الجوية ص ٢٧٠

الأعاصير الدوامية

ريح الإعصار الدوامي (الطُرناد) هي أشد الرياح سرعة على سطح الأرض، فقد تبلغ سرعتها في عمود الهواء القمعي المدوم ٥٠٠ كم/سا - وهي أعلى بكثير من سرعة الرياح داخل الإعصار المداري. ولا يستطيع العلماء قياس السرعة القصوى في الطُرناد لأن آلات الرصد تتحطم في رياحه الزعازع. الطُرنادات زوابع صغيرة فائقة القدرة تنشأ فجأة، في مجموعات غالباً، وهي أكثر شيوعاً وعنفاً في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يثور منها أكثر من ٥٠٠ سنوياً. ويتراوح قطر الطُرناد بين بضعة أمتار ومئة متر، وقد يبلغ مداه ٢٠٠ كم. وهو في مساره يسقط كل شيء، بما فيه الأشجار والمباني والقطارات، ثم يسقطها حين وحيث تخور قواه.



يحدث مسار حلزوني في القارورة العلوية.

طُرناد في قارورة

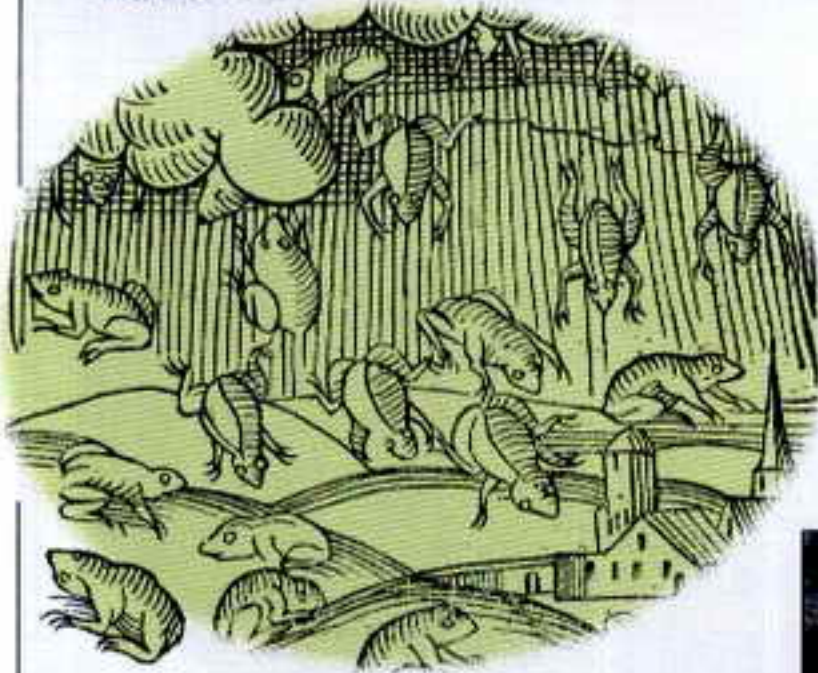
لإيضاح طريقة حصول الإعصار الدوامي (الطُرناد)، خذ قارورتين ذواتي سدادين لولبيين وغر السدادين معاً. أنثب ثقباً صغيراً في كلا السدادين بمسمار مناسب. إملاً إحدى القارورتين حتى ثلاثة أرباعها ماء، وثبت السداد المزدوج. ثم ثبت القارورة الفارغة في السداد فوق القارورة المملأ. إقلب القارورتين رأساً على عقب ودوم الماء قليلاً ليبدأ أنطلاقه. راقب المسار الحلزوني، في الوسط، الشبيه بالطُرناد.

تكوّن الإعصار الدوامي

يتكوّن الإعصار الدوامي (الطُرناد) حينما يتشرب عمود طويل قمعي الشكل من الهواء الساخن بسرعة صعوداً، من الأرض إلى سحابة رعدية في الغالب. وقد يحدث الطُرناد أيضاً عندما تسخن الأرض بشدة وتبدأ كتلة فقاعية من الهواء بالارتفاع. في أمريكا الشمالية، تتكوّن الأعاصير الدوامية عندما ينساب الهواء الجاف البارد من جبال الروكي شرقاً فوق هواء رطب ساخن، مُتَطلَق شَمالاً، من خليج المكسيك. فإذا برمت رياح قوية تيار الهواء الصاعد وبدأت تدويمه، فقد يتحوّل هذا إلى طُرناد.

يمتدّ قمع الهواء المدوم إلى الأرض كمكبسة كهربائية ضخمة.

الضغط في مركز الطُرناد أخفض من الضغط الجوي العادي بمئات الملي بار. لذا تتفجّر المباني بأندفاع الهواء من داخلها نحو منطقة الضغط الخفيض.



مطر الغرائب

عندما يفقد الطُرناد طاقته ويخور، تساقط منه الأشياء التي كان ساقطها، أو التقطها، مطراً غريباً - كأن يُمطر ضفادع مثلاً. فالطُرناد أثناء مروره فوق البحر، يسقط المياه وما تحويه من أسماك صغيرة وشفادع، وقد يحملها مسافات طويلة قبل أن يسقطها.

مقياسُ تورو

تتكوّن الأعاصير الطُرنادية فجأة، فيستحيل التنبؤ بزمانها ومكانها. لذا فإن الإنذارات بها تعمم عندما تكون الأحوال الجوية مهيأة لحدوثها؛ وتتابع تلك الإنذارات بتحذيرات مُجدّدة أحدث كلما تحدّدت مواقع واتجاهات تلك الأعاصير. يصنّف مقياسُ تورو، لشدّة الأعاصير، سرعة الإعصار الدوامي وقدرته التدميرية على مقياس مُدرّج من ٠ (صفر) إلى ١٢ درجة. فمثلاً على درجة تورو «١» الطُرناد خفيف، يقتلع الأشجار الصغيرة ويتزعزع أغصان المداخن؛ بينما على درجة تورو «١٢»، الطُرناد أعظمي يحدث دماراً شديداً حتى في المباني الخرسانية المسلحة بالفولاذ.



وحوش (أو هولات) البحر

الطُرناد المتكوّن فوق البحر يُدعى طُرناداً مائياً. وحين يلامس الطُرناد سطح المحيط يسقط الماء صعوداً داخل الرياح المدومة. فيبدو الطُرناد المائي كأنه مُنبثق من البحر كئيبان هائل ذي لون رمادي قاتم. ولعلّ أمثال هذا المشهد هي أساس الأساطير حول الهولات والوحوش البحرية.

لمزيد من المعلومات انظر

ضغط الهواء ص ٢٥٠
قوة الرياح ص ٢٥٦
الأعاصير ص ٢٥٨
السحب ص ٢٦٠
المطر ص ٢٦٤

السُّحُب

السُّمُحاق

تتشكّل السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ في أعالي الجو - في الأعالي القارسة الباردة حيث يتجمّد ماؤها إلى بلورات جليدية. وتكون السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ أحياناً طبقةً كاملةً من الغيوم البيضاء.

السُّحُبُ مَسْؤُولَةٌ عن الكثير من مظاهر الطقس، وهي لذلك تُعطينا بعض أفضل الدلائل عن الأحوال الجوية التي قد تطرأ خلال الساعات أو الأيام القليلة المقبلة. فإذا ما طالعناك السماء بغيوم قاتمة مُلبّدة مُنذِرة، عرفت أن احتمالات المطر العزير مُرجّحة. أمّا السُّحُبُ المُتَفَشِّةُ البيضاء فتظهر في الأيام المُشمِسة الدافئة وتُبشّرُ باستمرارِ الطقس دافئاً وجافاً. هنالك ثلاثة أنواع رئيسية من السُّحُب هي: الرُّكامي (ذو الأكدايس المُدَوَّرَة على قاعدة مُسطّحة)؛ والطَّبقي (المُتَشَرُّ في طبقات رُمادية خفيفة)؛ والسُّمُحاق (المُتَشَرُّ

الرقيق المُرتفع). وتُعتبر جميع أنواع السُّحُب الأخرى المُتباينة الأشكال والظلال مزيجات أو أشكالاً مُختلفة من هذه الأنواع الثلاثة.

الطقس في أجواء السُّمُحاق

غالباً ما تكون السُّحُب السُّمُحاقِيَّةُ أولى الدلائل على تنامي الطقس الجيد؛ فتبدو الشمس، كما القمر، من خلال السُّحُب الرقيقة المُرتفعة كأنّ هالة تحيط بهما؛ وهي دلالة قويّة على قرب تساقط المطر.



الرُّكامي

السُّحُبُ الرُّكاميَّةُ غيومٌ مُتَفَخَّةٌ بيضاء مُسطّحة القاعدة تبدو إلى حدّ كقطع القطن هائمة في الجو. ويسبب شكلها تسمي أحياناً السُّحُب القُبَيْطِيَّة. تتكوّن السُّحُبُ الرُّكاميَّةُ بفعل هبات الهواء الدافئة المُندفِعة صُعداً والمعروفة بالتيارات الحرارية الصاعدة.

الطقس في أجواء الرُّكامي

كثيراً ما تُشاهد سُحُبُ رُكاميَّة مُتَفَخَّة صغيرة أيام الصيف الحارّة. وهي تختفي ليلاً حين يبرّد سطح الأرض، فلا يعود يُسخّن الهواء فوقه، ويتوقّف تصاعُد الهواء الدافئ الذي يُكوّنها.



الطَّبقي

تتشكّل السُّحُبُ الطَّبقيَّةُ أنضادا، تتنامى حتى لقد تملأ الفضاء بكامله. وفي المناطق الجبلية غالباً ما يتغطى سطح الأرض بطبقة من هذه السُّحُب على شكل سديم ضبابي رطب.

الطقس في أجواء الطَّبقي

لعلّ السُّحُبُ الطَّبقيَّة هي أكثر أنواع السُّحُب قبْضا للنفْس إذ إنّها تجلب ظففاً غمماً مُستمراً رذاذاً بالمطر أو تساقطات الثلوج.



لوك هوارْد

في العام ١٨٠٣، استنبط لوك هوارْد (١٧٧٢-١٨٦٤)، خطة لتصنيف أنواع السُّحُب تبعاً لشكلها وعلوها عن سطح الأرض. كان هوارْد صيدلياً وهاوياً أرضادياً حادّفاً. وقد حاول عبثاً إيجاد علاقة بين الطقس وأوجه القمر. وقد استخدّم هوارْد أسماء لاتينية لتمييز أنواع السُّحُب، إذ كانت اللاتينية قِيْدَ الاستخدام في أنظمة تصنيف الحيوانات والنباتات.



السُّحُبُ المُصَنَّفَة

هنالك أنواعٌ لا حصرَ لها من السُّحُب، لكنّ المُصنّف منها رسمياً عشرة أنواع فقط. تتشكّل السُّحُبُ المُختلفة على ارتفاعاتٍ مُختلفة في الجو - من مُستوى سطح البحر إلى علوٍ يُقارب ١٠٠٠٠م. فالسُّحُبُ الخفيفة الإرتفاع لا يتجاوزُ أرتفاع قواعدها ٢٠٠٠م، فيما تتشكّل المتوسطة الإرتفاع بين ٢٠٠٠م و ٥٠٠٠م، والعالية فوق ٥٠٠٠م.

لزيد من المعلومات انظر

- تكوّن السُّحُب ص ٢٦٢
- الضباب والشيورة والضخان ص ٢٦٣
- المطر ص ٢٦٤
- تأثيرات خاصة ص ٢٦٩
- القمر ص ٢٨٨
- تصنيف الكائنات الحية ص ٣١٠

السُّحُبُ الطبقة المنخفضة قد تغطي سماء المنطقة بالكامل وتُجلب الشمس تماماً. وهي مُحوّلة النهار ظلاماً. وهي تجلب المطر والثلج دائماً.

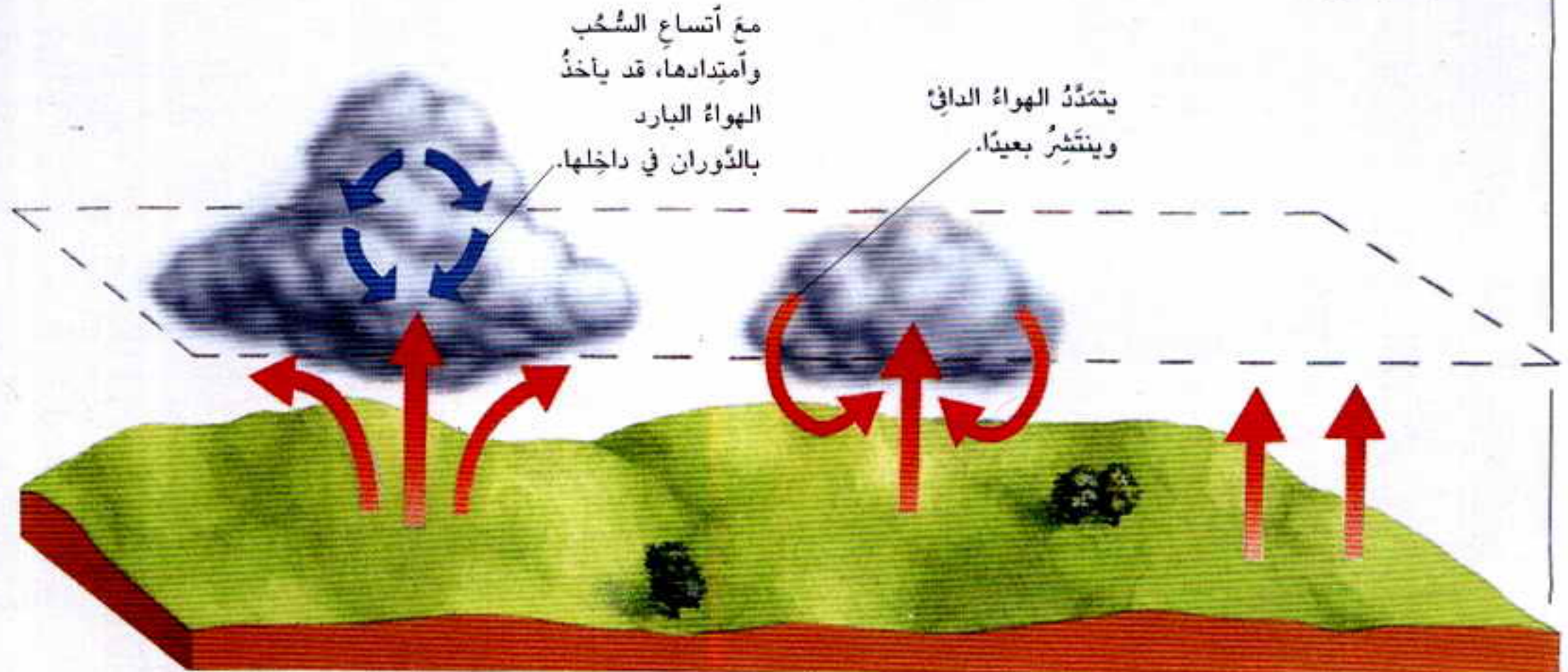
تكوُّن السُّحُب

يتشربُّ الهواءُ الماءَ من الأنهارِ والبحيراتِ والبحارِ كما الإسفنجُ. ويكونُ هذا الماءُ في الحالةِ الغازيةِ أي بخارًا. وبخارُ الماءِ هذا هو الذي يُكوِّنُ السُّحُبَ، إذ إنَّ السُّحُبَ تتألفُ أساسًا من قطراتِ الماءِ. عندما يرتفعُ الهواءُ، الملامسُ لسطحِ الأرضِ، في الجوّ يبرُدُ، ويتكثَّفُ بعضُ من بخاره قطراتٍ تتجمُّع فتكوِّنُ السُّحُبَ. أسبابُ ارتفاعِ الهواءِ في الجوّ عديدةٌ: فقد يرتفعُ لِسُخُونَتِهِ بِمُلامَسَتِهِ سَطْحَ الأرضِ الدافئِ، أو لأنَّ جَبْهَةً من الهواءِ الباردِ اندفعتْ تحتَ الهواءِ الساخنِ رافعةً إيَّاهُ إلى أعلى، أو قد يَرتفعُ في مساره صاعدًا عَبْرَ التَّلالِ والجبالِ.



سحابة في قارورة

يُمْكِنُكَ تَخْلِيْقُ سَحَابَةٍ فِي قَارُورَةٍ لَدَائِنِيَّةٍ كَمَا يَلِي: إمَّا القارورةَ ماءً حارًّا (لا تستعمل ماءً في درجة الغليان لئلا تنصهر القارورة). أترك القارورةَ لِمُدَّةِ خَمْسِ دَقَاقٍ ثُمَّ أَفْرِغْ ثَلَاثَةَ أَرْبَاعِ الماءِ مِنْهَا. الآنَ ضَعْ مُكْعَبَيْنِ مِنَ الجليدِ (في طبقٍ) فَوْقَ فَتْحَةِ القارورةِ وراقِبِ التغيُّمَ الحاصِلَ. يَحْصُلُ التغيُّمُ لأنَّ بعضَ الماءِ يتحوَّلُ إلى بخارٍ في الهواءِ الدافئِ. وعندما يَمُرُّ هذا بالمنطقةِ الباردةِ قُرْبَ مُكْعَبَي الجليدِ، يتحوَّلُ بخارُ الماءِ إلى قُطْرَيَاتٍ تُكوِّنُ السَّحَابَةَ.



مع توالي ساعات النهار يتزايد الهواء الساخن المرتفع، ويتزايد بالتالي تكاثف البخار، فتتضخم السحب أكثر فأكثر.

يبردُ الهواءُ أثناءَ ارتفاعِهِ ويتكثَّفُ محتواه من بخارِ الماءِ قطراتٍ تتجمُّع فتكوِّنُ السُّحُبَ.

الشمسُ تُسخِّنُ سَطْحَ الأرضِ، فيسخَّنُ الهواءَ الملامسُ له، ويرتفعُ في الجوّ.

- سماء صافية
- ◐ أوكتا ١
- ◑ أوكتا ٢
- ◒ أوكتا ٣
- ◓ أوكتا ٤
- ◔ أوكتا ٥
- ◕ أوكتا ٦
- ◖ أوكتا ٧
- ◗ أوكتا ٨



على المِغِيَامِ الثُّمَانِي، يُمَثِّلُ الخَطُّ العموديُّ، عَبْرَ الدَّائِرَةِ، أوكتا «١». وهذا يعني أنَّ الغطاءَ الغيمِيَّ رقيقٌ جدًا.



أوكتا «٤» تعني أنَّ يَنْصَفَ السَّمَاءُ مُغَطًى بالغيومِ. وتُمَثِّلُ بِنِصْفِ دَائِرَةٍ مُظَلَّلَةٍ.



أوكتا «٨» هي أعلى درجة على المِغِيَامِ الثُّمَانِي. وتعني أنَّ السَّمَاءَ مُغَطَاةٌ تمامًا بالغيومِ. وتُمَثِّلُ بِدَائِرَةٍ مُظَلَّلَةٍ بِالكاملِ.

قياسُ التغيُّمِ

يَقِيسُ علماءُ الأرصادِ الجويَّةِ كَمِّيَّةَ الغيومِ التي تُغَطِّي السَّمَاءَ بِوَحْدَةٍ تدعى أوكتا؛ حيث تُمَثِّلُ الأوكتا الواحدة تَغَطِّي ثُمْنِ السَّمَاءِ بِالْغُيُومِ. ويُمَثِّلُ عَدَدُ الأوكتاتِ على خارِطَةِ الطَّقْسِ بِدَائِرَةٍ جُزْئِيَّةٍ التَّظْلِيلِ.

السُّحُبُ والنَّدَى

تكوِّنُ السُّحُبُ عندما يرتفعُ بخارُ الماءِ في الهواءِ عاليًا في الجوّ فيبردُ ويتكثَّفُ. وتُسمَّى درجة الحرارة التي يبدأ عندها التكاثفُ نُقْطَةَ النَّدَى أو نُقْطَةَ التَّكَاثُفِ - عَلَمًا أَنَّ بخارَ الماءِ لا يتحوَّلُ إلى قُطْرَيَاتٍ ما لَمْ تَتَوَاجَدَ في الهواءِ جُسيماتٌ صغيرةٌ، كالغبارِ أو الدُّخَانِ، يتكثَّفُ عليها - فلا تتكوَّنُ السُّحُبُ إذا كانَ الهواءُ نظيفًا بِالْبَإِغِ التَّافَاةِ.

التياراتُ الحراريةُ الصاعدة

تكوِّنُ السُّحُبُ علامةً مُفيدةً لِرَبَابِيَةِ الطَّائِرَاتِ الشَّرَاعِيَّةِ

يَسْتَرشِدُونَ بِهَا إلى مَوَاقِعِ تصاعُدِ الهواءِ الدافئِ. فيفيدُ هؤلاء من تياراتٍ حراريَّةٍ صاعدةٍ لِنَكْسِبِهِمْ رَفْعًا. كذلك تَسْتَخِدِمُ

كواسِرُ الطيرِ التياراتَ الحراريةَ الصاعدةَ لِتُسَاعِدَها في البقاءِ مُحَلِّقَةً في الهواءِ تُفَتِّشُ عن طَعَامٍ لها على سَطْحِ الأرضِ.



لمزيد من المعلومات انظر

- تغيُّراتُ الحالة ص ٢٠
- القوى في الموانع ص ١٢٨
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- ضغطُ الهواء ص ٢٥٠
- السُّحُبُ ص ٢٦٠
- الصَّقِيعُ والنَّدَى والجليد ص ٢٦٨
- دوراتُ في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢

الضباب والشفورة والضخان



خَفَضُ ضوءِ المصابيح الأمامية. يَحُولُ
دُونَ أَنْعِكَاسِهَا عَلَى قُطْرِيَّاتِ الْمَاءِ فِي
الضباب مُبَاشَرَةً نَحْوَ السَّائِقِ.

السيّاقة في الضباب

على سائقي السيّارات الاحتياط الشديد من الضباب، وعليهم خَفَضُ نُورِ مَصَابِيحِ سيّاراتهم الأمامية نَحْوَ الْأَرْضِ. إِنَّ تَوْجِيهَ أَنْوَارِ هَذِهِ المصابيح بِكاملِ شِدَّتِهَا عَالِيًا بِمُوازاةِ الطريقِ يُشَوِّشُ الرُّؤيةَ لِأَنَّ النُّورَ الْمُعْكَسَ عَلَى قُطْرِيَّاتِ الْمَاءِ فِي الضباب يَرْتَدُّ نَحْوَ عَيْنَيْ السَّائِقِ مُبَاشَرَةً.



الضخان

الضخان مزيج
من الدخان
والضباب. ففي المَدُنِ
الكبرى، يحوي الهواء

فَيْضًا من الجُسيماتِ الإضافيةِ بفعلِ الدُّخانِ المُنتَظِلِ من مُختلِفِ المصانعِ والصَّناعاتِ؛ فَيَتَكَثَّفُ بُخَارُ الْمَاءِ عَلَى تِلْكَ الجُسيماتِ مُكَوِّنًا الضُّخَانَ. وَتَزِيدُ الْأَمْرَ سُوءًا ظَاهِرَةُ الانْقِلَابِ - أَيِ ازْدِيَادِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ بِالِارْتِفَاعِ بَدَلِ أَنْ تَخْفُضَ - فَتَمْنَعُ طَبَقَةً مِنَ الْهَوَاءِ الدَّافِئِ الْهَوَاءِ السُّطْحِيِّ، وَالْمُلُوثَاتِ الَّتِي يَحْتَوِيهَا، مِنَ الْارْتِفَاعِ. وَيُمْكِنُ حُدُوثُ هَذَا أَيْضًا فِي مَنَاطِقَ مِثْلَ لُوسِ أَنْجَلُوسَ، فِي كَالِيفُورْنِيَا، بِالْوَلَايَاتِ الْمُتَحِدَةِ، حَيْثُ يُحْتَبَسُ الْهَوَاءُ بِفعلِ الْجِبَالِ الْمُكَثِّفَةِ.

يَتَكَوَّنُ الضُّبابُ
فَوْقَ الْبَحْرِ



ضباب تأقفي

يَتَكَوَّنُ الضُّبابُ والشفورة غالبًا فَوْقَ الْأَنْهَارِ وَالْبَحَارِ. فَيَتَبَخَّرُ الْمَاءُ مِنَ النَّهْرِ أَوْ الْبَحْرِ؛ وَفِي صَبَاحٍ بَارِدٍ، يَتَكَثَّفُ إِلَى شَبُورَةٍ فَوْقَ الْمِيَاهِ. وَعِنْدَمَا يَهْبُ هَوَاءٌ دَافِئٌ فَوْقَ الْبَحْرِ الْبَارِدِ يَتَشَجُّ نَوْعٌ مِنَ الضباب يُعْرَفُ بِالضبابِ التَّاقِفِيِّ. وَهُوَ فِي الْوَاقِعِ طَبَقَةٌ مِنَ الضبابِ تَتَكَوَّنُ فَوْقَ الْمَاءِ مُبَاشَرَةً مُقْحَمَةً بَيْنَ مِيَاهِ الْبَحْرِ وَالْهَوَاءِ الدَّافِئِ فَوْقَهَا. وَلَا يَنْدَفِعُ الضبابُ التَّاقِفِيُّ نَحْوَ الْبَرِّ إِلَّا إِذَا كَانَتِ الْأَرْضُ مِنْ حَوْلِهِ خَفِيضَةً.

السُّحُبُ الَّتِي تَتَكَوَّنُ قُرْبَ سَطْحِ الْأَرْضِ تُدْعَى ضَبَابًا أَوْ شَبُورَةً. وَهِيَ، كَسِوَاهَا مِنَ السُّحُبِ، تَتَكَوَّنُ بِتَكَثُّفِ بُخَارِ الْمَاءِ، فِي الْهَوَاءِ الْمُشْبَعِ، عِنْدَمَا يَلَامِسُ الْهَوَاءُ أَرْضًا بَارِدَةً. وَإِذَا كَانَ مَدَى الرُّؤيةِ عَبْرَ السَّحَابِ يَتَرَاوَحُ بَيْنَ كِيلُومِتَرٍ وَاحِدٍ وَكِيلُومِتَرَيْنِ يُعْرَفُ هَذَا السَّحَابُ بِالشُّبُورَةِ؛ أَمَّا إِذَا كَانَ الْمَدَى دُونَ الْكِيلُومِتَرِ الْوَاحِدِ فَيُسَمَّى السَّحَابُ ضَبَابًا. وَالضُّبابُ الْكَثِيفُ هُوَ أَكْثَرُ السُّحُبِ خُطُورَةً عَلَى جَمِيعِ وَسَائِلِ النَّقْلِ - مِنْ سِيَّارَاتٍ وَسُفُنٍ وَطَائِرَاتٍ.



ضباب جبال الجليد

تُغَطِّي جِبَالُ الْجَلِيدِ غَالِبًا بِالضبابِ لِأَنَّ الْهَوَاءَ حَوْلَهَا بَارِدٌ وَالْمِيَاءُ، حَيْثُ هِيَ طَافِيَةٌ، أَدْفًا. وَهَكَذَا يَتَكَثَّفُ الْمَاءُ الْمُتَبَخَّرُ فِي الْهَوَاءِ الْبَارِدِ حَوْلَ جَبَلِ الْجَلِيدِ مُكَوِّنًا ضَبَابًا. فِي الْعَامِ ١٩١٢، اصْطَدَمَتْ بِاخِرَةِ التَّيْتَنِيكِ بِجَبَلِ جَلِيدٍ فَانْشَطَرَتْ وَهَلَكَ الْكَثِيرُونَ، لِأَنَّ بَخَارَتَهَا رُبَّمَا لَمْ يَرَوْا جَبَلِ الْجَلِيدِ الْمُحَاطَ بِضبابٍ كَثِيفٍ.



الضخان الأصفر الكثيف

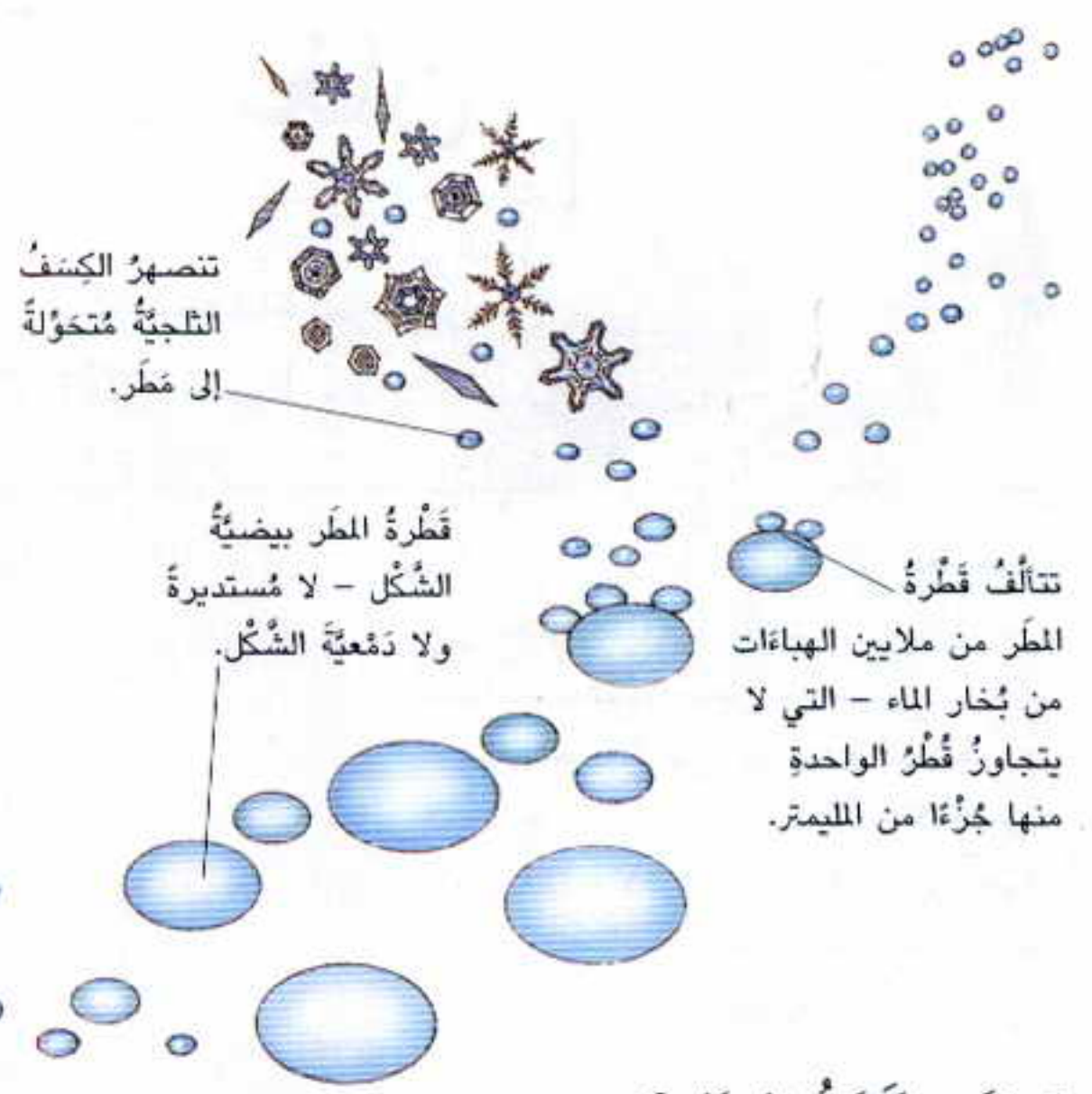
حَدَثَ مَرَّةً أَنْ غَطَّى الضُّخَانَ الْأَصْفَرُ الْكَثِيفُ مَدِينَةَ لَنْدُنَ، بِإِنْكِلَتْرَا، كَمَا يَبْدُو فِي الصُّورَةِ أَعْلَاهُ الْمُتَقَفَّةُ عَامَ ١٩٥٢. وَيُعْزَى ذَلِكَ أَسَاسًا إِلَى فَرْطِ الدُّخَانِ الْمُتَصَاعِدِ مِنْ حَرِّقِ الْفَحْمِ الْحَجَرِيِّ فِي الْمَصَانِعِ وَالْمَنَازِلِ. وَلَمْ يَكُنْ ذَاكَ الضُّخَانَ مِمَّا يُسْتَهَانَ بِهِ، فَقَدْ تَسَرَّبَ إِلَى دَاخِلِ الْمِبَانِي مُسَبِّبًا لِلْكَثِيرِينَ مَشَاكِلَ فِي الْحَلْقِ وَالْعَيْنَيْنِ وَالتَّنَفُّسِ؛ كَمَا لَاقَى الْعَدِيدُ مِنَ النَّاسِ حَتْفَهُمْ بِسَبَبِهِ. وَالْجَدِيرُ بِالذِّكْرِ أَنَّ إِبْرَاهِمَ قَوَانِينَ الْهَوَاءِ النَّظِيفِ فِي الْخَمْسِينِيَّاتِ مِنْ هَذَا الْقَرْنِ جَعَلَ مَشَاكِلَ الضُّخَانِ الْكَثِيفِ الْأَصْفَرِ شَيْئًا مِنَ الْمَاضِي.

لزيد من المعلومات انظر

- تَغْيِرَاتُ الْحَالَةِ ص ٢٠
- انْتِقَالُ الْحَرَارَةِ ص ١٤٢
- الانعكاس ص ١٩٤
- تَكَوَّنُ السُّحُبِ ص ٢٦٢
- دَوَرَاتُ فِي الْغُلَافِ الْحَيَوِيِّ ص ٣٧٢

المطر

تعتمد الحياة في البر على المطر، فهو يُغذي الأنهار ويملأ البحيرات، ويجعل البزور تنبت وتنمو، ويوفر لنا مياه الشرب. ففي بعض المناطق تمجّل الزروع إذا أنحسّت الأمطار موسماً واحداً فقط ويموت آلاف الناس جوعاً. كذلك فإنّ الأمطار المفرطة الغزارة مُشكلة، فالفيضانات قد تدمر المنازل والمزارع وتقضي على الكثير من الأحياء البرية. والمعروف أنّ المطر لا يهطل من سماء زرقاء صافية، فهو لا يتكوّن إلا في السحب، وفي المُزني الركامي أو الطبقي منها عادةً. والماء الذي يهطل من السحب بمختلف أشكاله يُدعى تساقطاً وتحدّد درجة حرارة الهواء، داخل تلك السحب وخارجها نوعية هذا التساقط مطراً أو ثلجاً أو شفافاً أو برداً.



كيف يتكوّن المطر؟

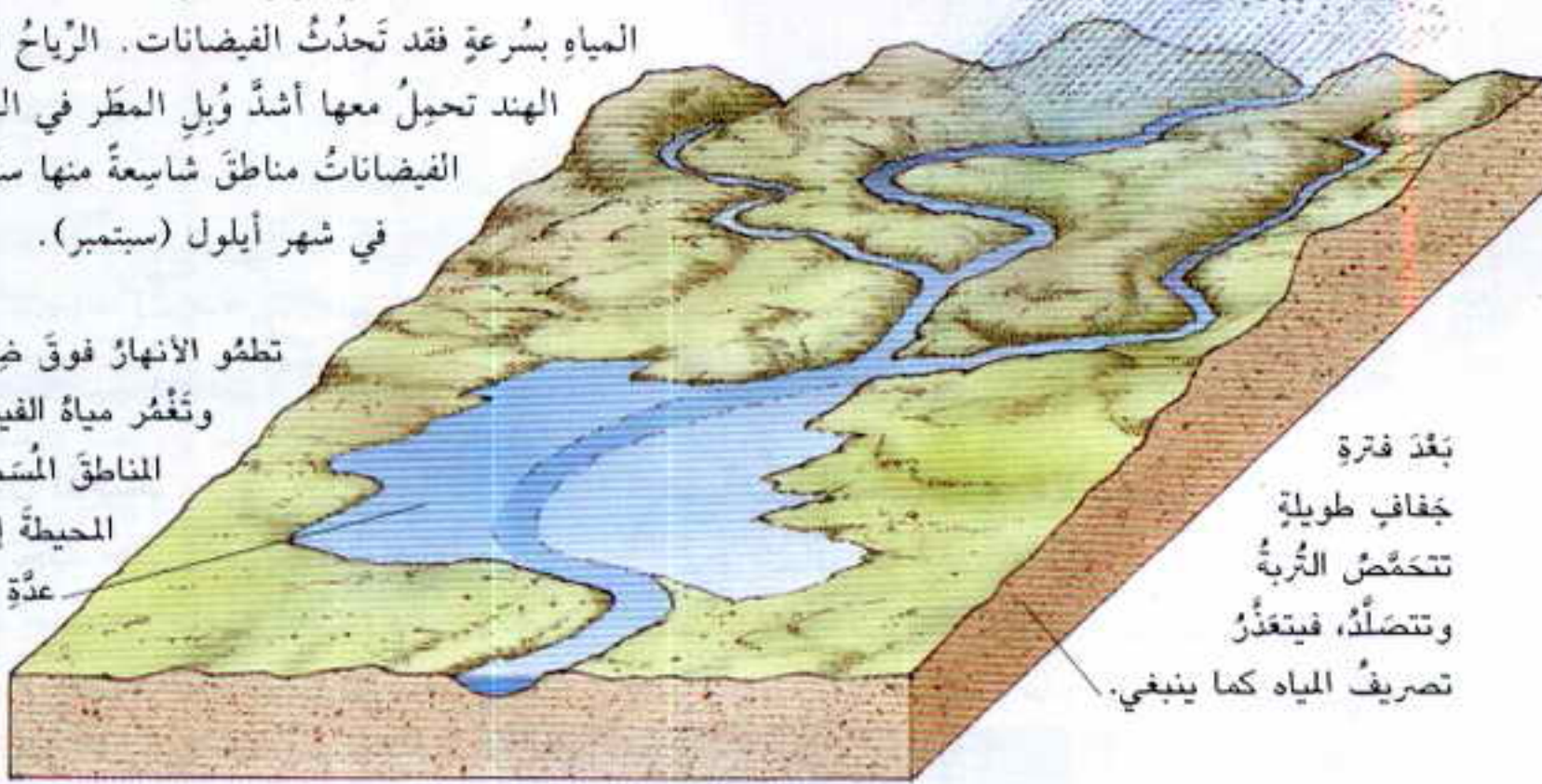
خارج المناطق المدارية، يبدأ معظم المطر ثلجاً حتى في فصل الصيف. ففي السحب العالية تكون درجة الحرارة دون درجة التجمّد، فتتكوّن البلورات الجليدية وتتنامى إلى كسوف ثلجية تسقط من السحاب فإذا كانت درجة حرارة الهواء الأقرب إلى سطح الأرض فوق درجة التجمّد، تنصهر تلك الكسوف الثلجية أثناء سقوطها وتهطل مطراً. أمّا في المناطق المدارية، حيث الغيوم دافئة، فيتكوّن المطر عندما تصادم قطرات الماء المجهرية وتتكتل معاً، فتثقل فوق إمكانية طفوها في الجو وتتساقط مطراً. وفي السحب الرقيقة يحدث التصادم بين قطرات أقل فتكون قطرات المطر المُتساقطة أصغر كثيراً وتُعرف بالردّاذ.

الفيضان

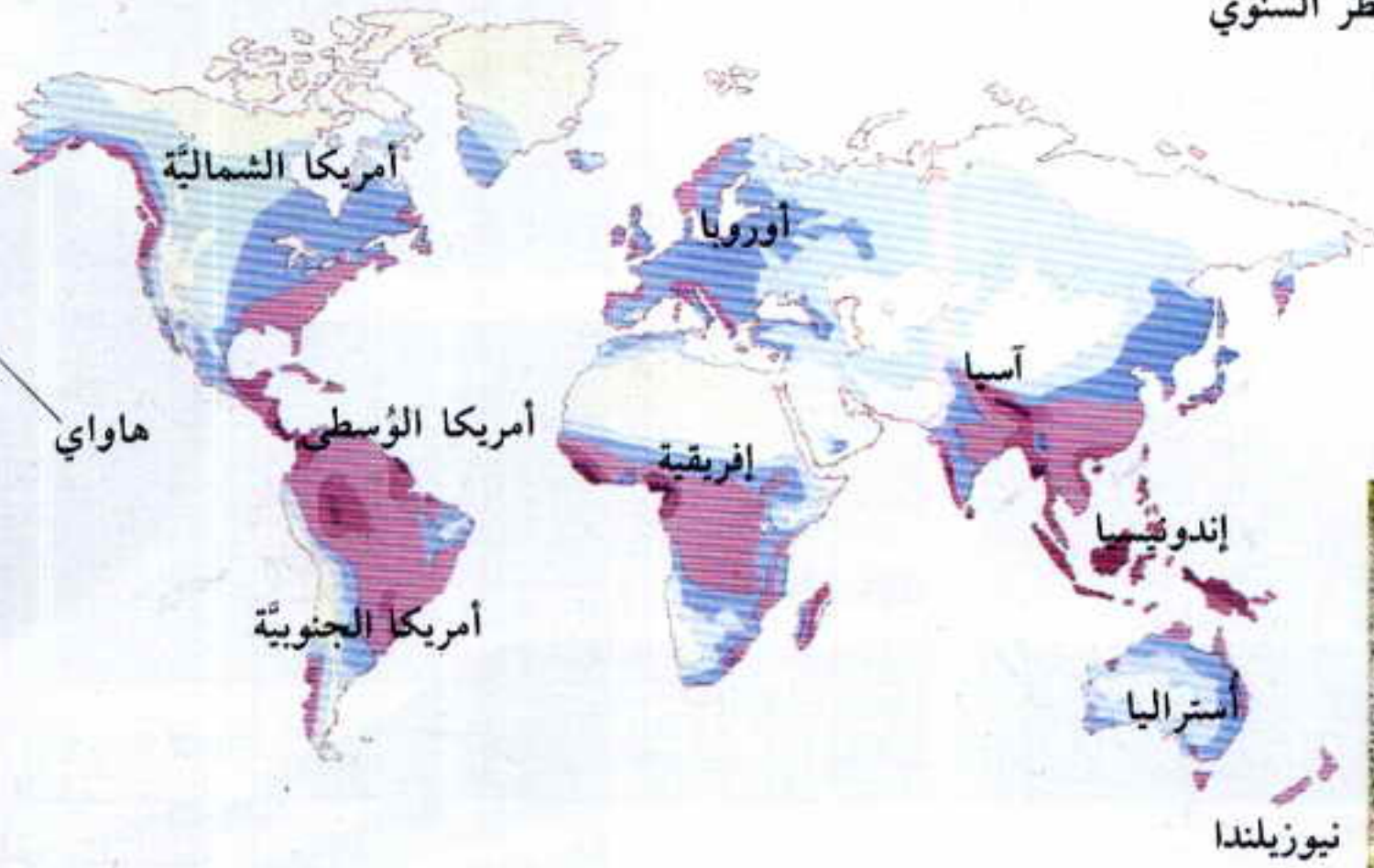
إذا كان تهطل المطر غزيراً ومتواصلاً، وتعدّر تصريف المياه بسرعة فقد تحدث الفيضانات. الرياح الموسمية في الهند تحمّل معها أشدّ وابل المطر في العالم، فتغمر الفيضانات مناطق شاسعة منها سنوياً - عادةً في شهر أيلول (سبتمبر).

تطمو الأنهار فوق ضفافها، وتغمر مياه الفيضان المناطق المُسطحة المحيطة إلى عمق عدّة أمتار.

بعد فترة جفاف طويلة تتحمّص التربة وتتصلّد، فيتعدّر تصريف المياه كما ينبغي.



بيان المُصطلحات في خريطة مُعدّل المطر السنوي



معدّلات المطر السنويّة في العالم

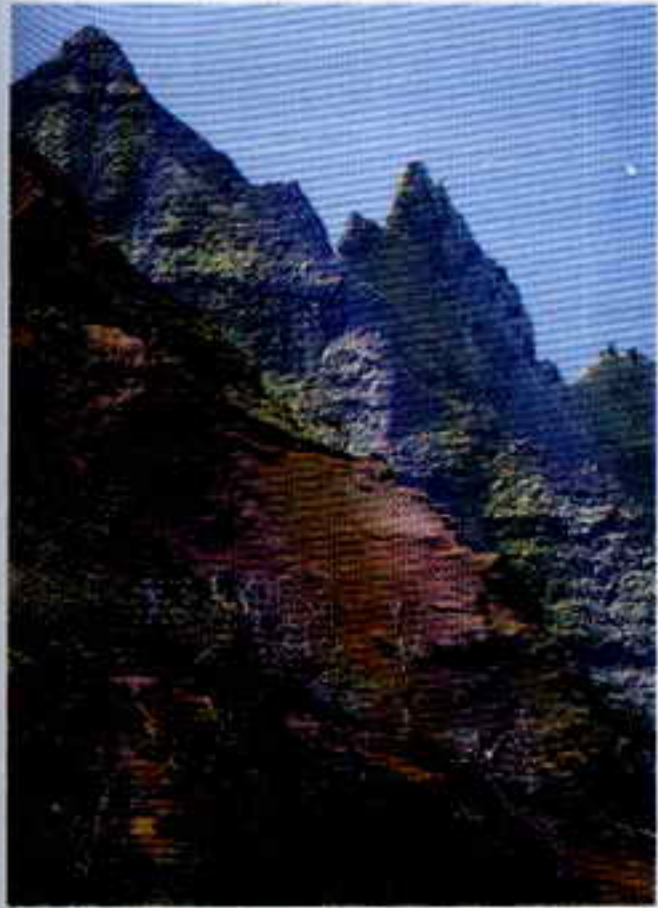
تُحصل مناطق العالم المُختلفة على كمّيات مُختلفة من المطر؛ وذلك لأسباب عديدة. ففي المناطق المدارية مثلاً، تساقط الأمطار بغزارة لأنّ كمّيات كبيرة من مياه البحار الدافئة تتبخّر وتتحوّل إلى غيوم. وتحصل المناطق الساحليّة، القريبة من البحر، عادةً على كمّيات من المطر أكثر من المناطق الداخليّة البعيدة عن البحر. وقد تُعترض سلاسل الجبال الرياح المُحمّلة بالغيوم المطيرة فتستمرّطرها في جانب، وتبقى السفوح في الجانب الآخر جافّة. أمّا في الصحاري الجافّة فإنّ كتل الهواء تسخن وتجفّ عند اقترابها من سطح الأرض.

رقم قياسي لمُعدّل المطر

على قِمّة جبل واي إيلالي، في جزيرة كاواي، بهواي، يهطل المطر حوالي ٣٥٠ يوماً في السنة، فيبلغ مُعدّله السنوي ١٥٠٠٠ ملم. وتُغزى شِدّة التّهطل هذه إلى ارتفاع الرياح التجاريّة الجنوبيّة الشرقيّة الرطبة خلال عبورها الجبل.

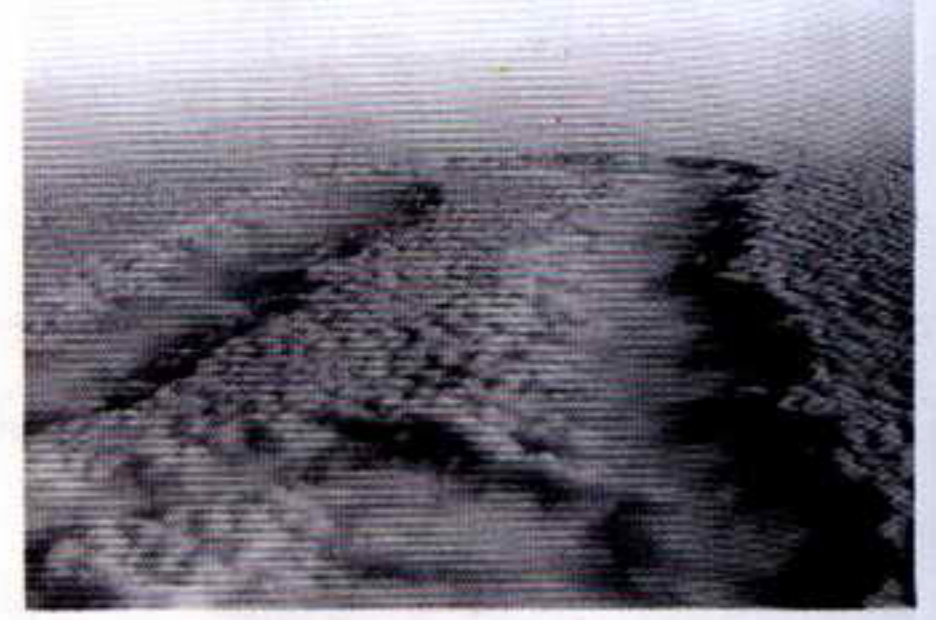
قياس كميّة المطر

تُقاس كميّة المطر بالمليمتر، أو بالإنش، بواسطة مقياس المطر. ويتألف هذا من قمع يتلقّى مياه المطر ويضخّها في أسطوانة تحته. ثمّ يُقاس ارتفاع الماء المُتجمّع في الأسطوانة، وبه تتحدّد كميّة المطر المُتساقط.



الجفاف

إنجباسُ المطر، بحيث يقلَّ التساقط عن ٠,٢ ملم في فترة تتجاوز الأسبوعين يؤدي إلى الجفاف. وفي غياب مُستودعات التخزين تعود كمية المياه غير كافية للناس وللزروع. في بعض المناطق يستمر الجفاف الحاد سنوات عديدة. ويرى أن منطقة كالاميا في صحراء أتاكاما، بالشيلى، لم تشهد أمطاراً على مدى ٤٠٠ سنة، حتى العام ١٩٧٢. فترات الجفاف غير مألوفة في المناطق المعتدلة كأوروبا وأمريكا الشمالية لكنها عادةً منتظمة الحدوث في أستراليا وبعض أجزاء إفريقيا وأمريكا الوسطى وآسيا.



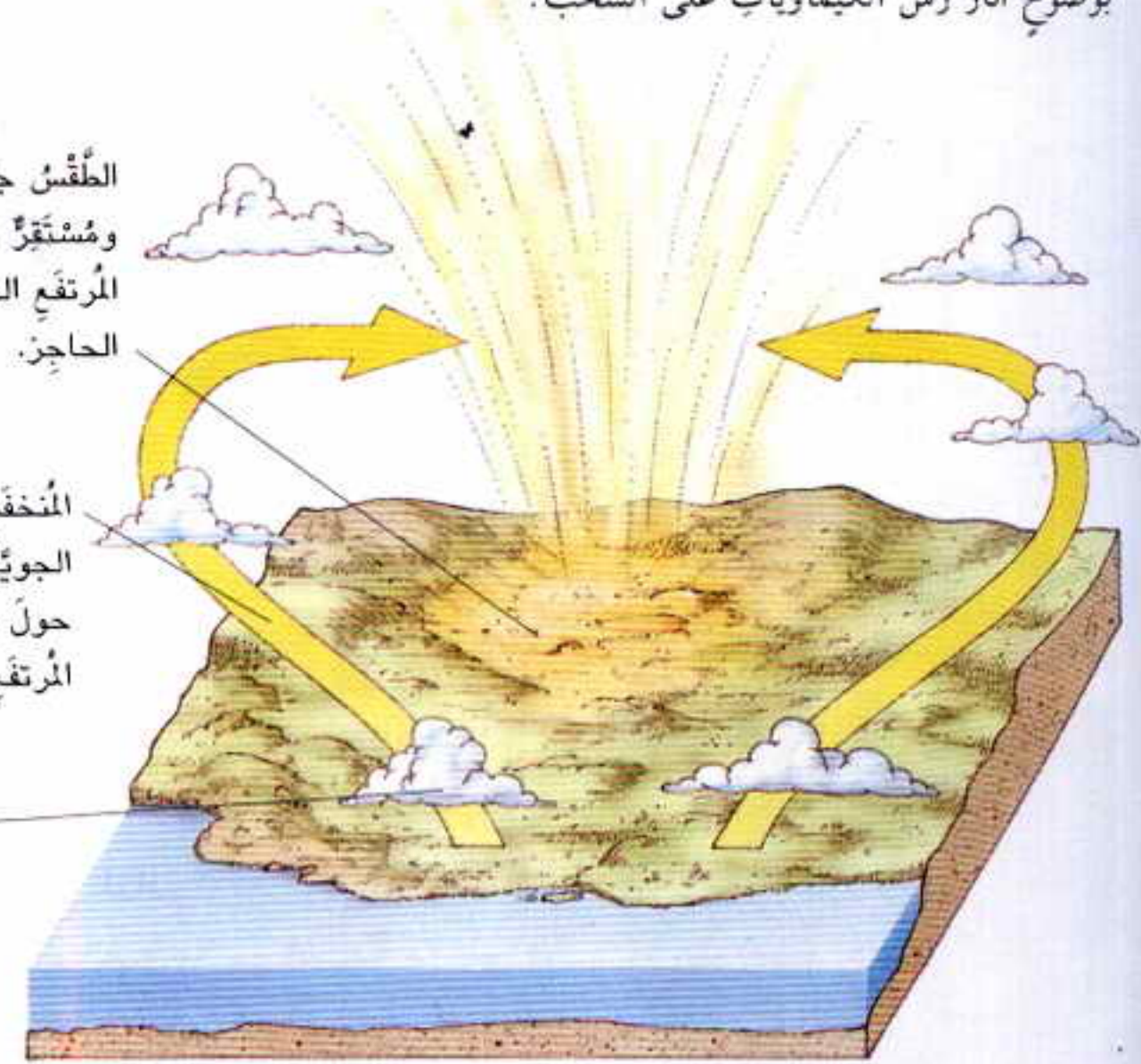
المطر الاصطناعي والاستمطار

يجري استمطار السحب أحياناً بذر بلورات الجليد الجاف أو يوديد الفضة عليها من الطائرات. هذه الكيماويات تُؤفّر نويات تنامي حولها الكسف الثلجية. وهذه تتحوّل إلى مطر أثناء سقوطها إلى الأرض. في الصورة أعلاه، تُشاهد بوضوح آثار رش الكيماويات على السحب.

الطقس جافاً
ومستقرّ بفعل
المرتفع الجوي
الحاجز.

المنخفضات
الجوية تدور
حول وخارج
المرتفع الجوي

الطقس غير مستقرّ بعيداً
عن المرتفع الجوي.



المرتفع الجوي الحاجز

قد يتسبب المرتفع (الضغطي) الجوي في جلب الجفاف على منطقة بمنع وصول المنخفضات الجوية المتحركة إليها. وإذا لازم المرتفع الجوي المكان مدة طويلة، فإنه يمنع أيّ تغيير في الطقس على مدى عدّة أسابيع. المرتفعات الجوية الحاجزة دائماً، فتحدث طقساً صافياً بارداً في الشتاء وجافاً حاراً في الصيف.

السهول المتصحرة

خلال الثلاثينات من هذا

القرن تعرضت أمريكا

الشمالية فترة طويلة لرياح

غربية سائدة، فأنحس المطر عن

السهول الكبرى لوقوعها في

«ظل» جبال الروكيز. وزاد الوضع

شواً أن المزارعين كانوا قد حرقوا

السهوب العشبية الطبيعية فجفت التربة

السطحية وأغرّبت، وتحوّلت السهول العظيمة

إلى منطقة جافة تكتسبها العواصف الغبارية، مما

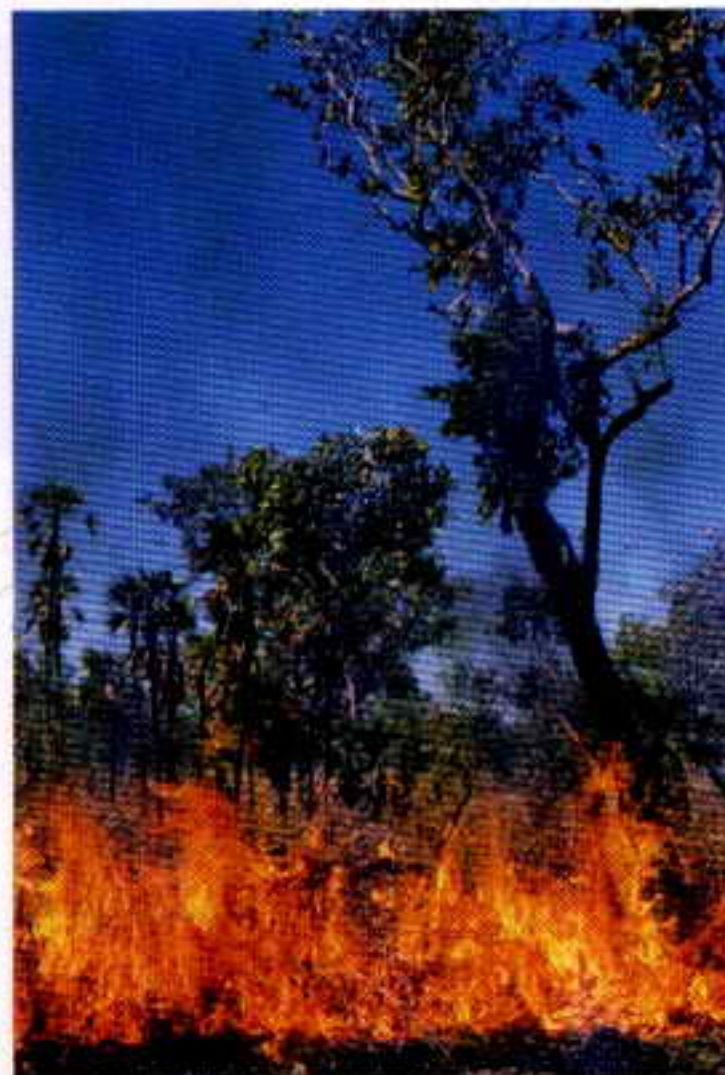
أضطر المزارعين إلى الترحيل عن أراضيهم.

البقاء في ظروف الجفاف

النبث مُزهر في هذه المنطقة الجافة عادةً من أستراليا - حيث يُكوّن بساطاً قرنفلي اللون على مدى بضعة أيام. والمعروف أن معظم النباتات لا تستطيع البقاء على قيد الحياة في الصحارى لأنها شديدة الجفاف، لكن بعض البزور تظلّ ذفينة في التربة عدّة سنوات. وهي حالما يهطل المطر، سرعان ما تُبتعث حيويّتها فتزهر وتنتج بزوراً جديدة على عجل - قبل أن يجفّ سطح الأرض ثانية.

حرائق الأدغال

تحدث حرائق الأدغال كثيراً في المناطق الجافة الحارة، فتحرق الدغل مُفسحة المجال أمام نبت جديد لينمو ويتكاثر - علماً أن الحرارة ضروريةً لإنتاش بعض البزور. فبعض أنواع نبات الأدغال يُنقرض حيثما يمنع الناس حدوث الحرائق فيها. وهناك اتجاه إلى ترك حرائق الأدغال تأخذ مجراها شرط ألا تُهدّد حياة المواطنين.



لا يصل الماء إلى قمة
الشجرة - فتتيسر
الأغصان العليا وتشمّر.

الماء المتوافر كافٍ لبقاء
الأغصان السفلى فقط حيّة.

النباتات العطشى

تحتاج معظم النباتات إلى مددٍ مستمرّ من الماء لبقاء حياة. فخلال فترة الجفاف تموت نباتات كثيرة حتى المستقر منها. ومن الأعراض البينة على أن الأشجار لا تحصل على كفايتها من ماء المطر موت أغصانها العليا وأسوارها.



لمزيد من المعلومات انظر

السحب ص ٢٦٠

الثلج ص ٢٦٦

البرد ص ٢٦٧

دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢

الصحارى ص ٣٩٠

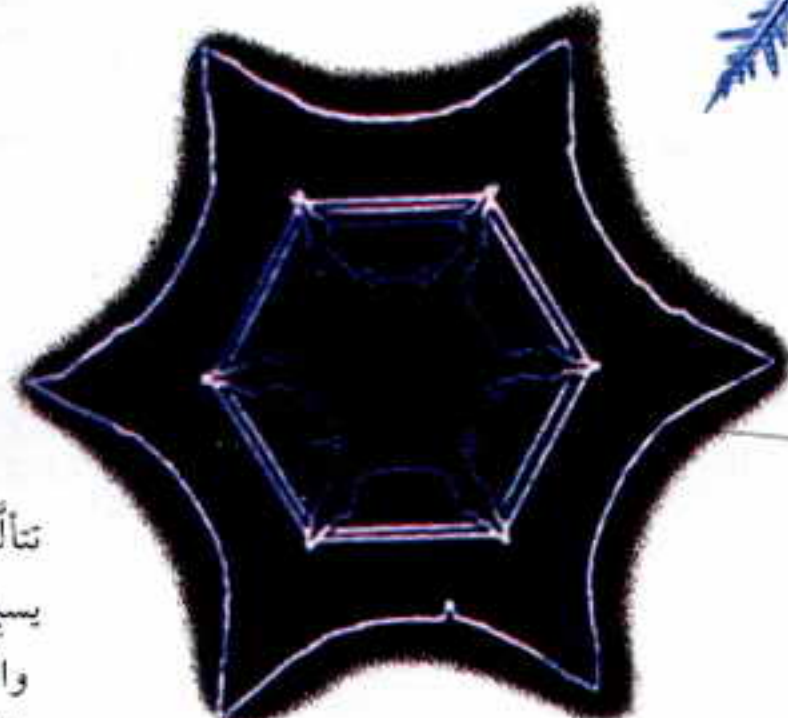
حقائق ومعلومات ص ٤١٦

الثلج

لا تُوجد كِسْفَتَانِ ثَلْجِيَّتَانِ مُتَمَاثِلَتَيْنِ تَمَامًا؛ وتَتَأَلَّفُ الواحدةُ من بِلُورَاتٍ جَلِيدِيَّةٍ مُتَمَاسِكَةٍ من بُخَارِ الماءِ المُتَجَمِّدِ. وتُقَسَّمُ أَشْكَالُ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ إلى حِوَالِي ٨٠ صِنْفًا، منها الإِبْرِيُّ والمَوْشُورِيُّ واللُّوْحِيُّ والسُّدَاسِيُّ والعموديُّ الشَّكْلُ. يَعْتَمِدُ شَكْلُ البِلُورَةِ على درجة الحرارة والارتفاع والمُحتَوَى المائِي في السَّحَابَةِ التي تَكُونَتْ فِيهَا. أَمَّا الثَّلْجُ فَقَدْ يَكُونُ «رَطْبًا» أو «جافًا». ويتألفُ الثَّلْجُ الرَّطْبُ من كِسْفٍ ثَلْجِيَّةٍ كَبِيرَةٍ؛ ويتكوَّنُ في درجة التجمُّدِ أو دونها قليلًا. وهو مِثَالِيٌّ لِلْهَوِ بِكَرَاتِ الثَّلْجِ، لَكِنَّهُ عَسِيرُ الإِزَالَةِ. أَمَّا الثَّلْجُ الجافُ فَمَسْحُوقِي الْقَوَامِ وَتَسَهَّلَ إِزَالَتُهُ. وهو يتكوَّنُ في درجة حرارةٍ دُونَ درجة التجمُّدِ بكثيرة. والشَّفْشَافُ، في الغالبِ، ثَلْجٌ نِصْفُ مُنْصَهَرٍ، أو مَطَرٌ نِصْفُ مُتَجَمِّدٍ يَتَكُونُ عِنْدَمَا تَبَخَّرُ قَطَرَاتُ المَطَرِ وتَبْرُدُ أَثْنَاءَ سُقُوطِهَا.



جميع الكسف الثلجية
سُدَاسِيَّةُ النَّمَطِ البِلُورِي.



الثلج الدائم

تتألفُ المِثَالِيَّةُ والقَلَانِسُ الجَلِيدِيَّةُ من ثَلْجٍ لم يَسِقْ أَنْصَهَارُهُ؛ بل أَنْكَبَسَتْ جَمِيعُ البِلُورَاتِ والكِسْفُ الثَلْجِيَّةُ فِيهِ تَحْتَ وَزْنِ الثَّلْجِ المِتَزَايِدِ المُتَسَاقِطِ فَوْقَهَا. وتَتَكُونُ القَلَانِسُ الجَلِيدِيَّةُ والمِثَالِيَّةُ على قِمَمِ الجِبَالِ وعلى مَقَرِّيَّةٍ من القُطْبَيْنِ.



الهيارات الثلجية

يُمْكِنُ حَدُوثُ الهَيَارَاتِ الثَلْجِيَّةِ إِذَا زَادَ أَنْجِدَارُ السَّفْحِ الجَبَلِيِّ على ٢٢°. فَيَتَرَاكُمُ الثَّلْجُ أَكْوَامًا حَتَّى تَبْدَأَ كَمِيَّةٌ صَغِيرَةٌ مِنْهُ بِالانْزِلَاقِ فَتَتَجَمَّعُ حَوْلَهَا كُتْلٌ ثَلْجِيَّةٌ يَتَعَاطَلَمُ حَجْمُهَا أَكْثَرُ فَأَكْثَرُ عَبْرَ الْمُنْحَدَرِ. وَقَدْ يَنْجُمُ انْطِلَاقُ الهَيَارِ الثَلْجِيِّ نَتِيجَةً لِتَسَاقُطِ الثَّلُوجِ بِكَثَافَةٍ عَلَى الجَلِيدِ، أو لِإِرْتِفَاعِ دَرَجَةِ الحرارةِ أو لِحَرَكَةِ مُتَزَلِّجٍ أو حَتَّى لَاهْتِرَازِ أَحَدُهُ ضَجِيجٌ مُرْتَفِعٌ.



سطح القلائس الجليدية الأبيض
الصقيل يعكس حرارة الشمس
فيبقىها باردة حتى خلال الصيف.



رَكْمُ الثَّلُوجِ

عِنْدَمَا يَتَكَدَّسُ الثَّلْجُ أَرْكَامًا، قَدْ يُخَصَّرُ النَّاسُ فِي أَمَاكِنٍ تَوَاجِدِهِمْ - فِي السَّيَّارَاتِ أَوْ دَاخِلَ الْمَنَازِلِ. وَإِذَا طُمِرَ النَّاسُ، أَوْ الْحَيَوَانَاتُ، فِي الثَّلْجِ فَيُمْكِنُهُمُ الْبَقَاءُ عَلَى قَيْدِ الْحَيَاةِ فِتْرَةً طَوِيلَةً، لِأَنَّ الثَّلْجَ السَّاقِطَ حَدِيثًا يَحْوِي هَوَاءً، فِي الْفَجَوَاتِ بَيْنَ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ، يُمْكِنُ تَنْفُسُهُ.

كيف يتكوَّن الثلج

تَتَكُونُ البِلُورَاتُ الجَلِيدِيَّةُ فِي سُحُبٍ تَتَرَاوَحُ دَرَجَاتُ حرارتِهَا بَيْنَ ٢٠° - ٤٠° س. وَتَنْشَأُ الكِسْفُ الثَلْجِيَّةُ بِتَمَاسُكِ البِلُورَاتِ الجَلِيدِيَّةِ مَعًا وَهِيَ تَسَاقُطُ رَطْبَةً ثُمَّ تَتَجَمَّدُ مُجَدَّدًا. وَهِيَ بَعْدَ سُقُوطِهَا مِنْ سَحَابَةٍ، لَا تَصِلُ إِلَى سَطْحِ الأَرْضِ ثَلْجًا إِلَّا إِذَا كَانَتْ دَرَجَةُ حرارةِ الهَوَاءِ عَلَى، أَوْ دُونَ، دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ عَلَى طَوْلِ مَسَارِهَا. أَمَّا إِذَا كَانَتْ دَرَجَةُ الحرارةِ فَوْقَ دَرَجَةِ التَّجَمُّدِ، فَقَدْ تَبَخَّرُ البِلُورَاتُ تَمَامًا أَوْ تَنْصَهَرُ وَتَسْقُطُ شَفْشَافًا أَوْ مَطَرًا. أحيانًا، يُشَاهِدُ السَّكَّانُ فِي أَعْلَى نَاطِحَةِ سَحَابٍ أَنَّهَا تُثَلِّجُ، بَيْنَمَا يَنْتَهِيهِ المَطَرُ عَلَى المَارَّةِ فِي الشَّارِعِ دُونَهُمْ.

الثلج القرنفلي

الثلج ليس أبيض دائمًا - فقد يكون قرنفليًا أو أسمرًا أو محمرًا. الثلج القرنفلي، المبيّن في الصورة، موجود في غرينلند، ويعود لونه إلى لون الطحالب التي تعيش فيه. وهذا الخضب الذي يُلَوِّنُ الطحالب يقيها أيضًا في ظروف البرد القارس.



لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- درجات الحرارة ص ٢٥١
- السحب ص ٢٦٠
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢

البرد

طبقة جديدة من الجليد
تتجمد حول حبة البرد.

البرد قطرات من المطر المتجمد تتكوّن داخل سحابة مُزنيّة رُكاميّة شاهقة حيث الطبقات السفلى أدفأ بشكل ملحوظ من درجة التجمد في الطبقات العليا. هذا الفرق في درجة الحرارة داخل السحابة يحدث تيارات هوائية قويّة تتقاذف قطرات المطر صعودًا إلى نطق التجمد العليا وهبوطًا إلى النطق الأدنى. وكئي تظلّ حبة البرد في السحابة وقتًا كافيًا لتُصبح بحجم حبة البسلي ينبغي أن تتقاذفها التيارات صعودًا وهبوطًا بسرعات تُقارب ٣٠ م في الثانية (١٠٨ كم/سا). وخلال حركة البرد هذه داخل السحابة ترتطم حباته بعضها ببعض مُسببة، أحيانًا كثيرة، انفصال شحنات كهربائية تُحدث البرق داخل السحابة نفسها أو بين السحابة والأرض أو بين سحابة وأخرى.

أخيرًا تُصبح حبة البرد من الثقل بحيث لا يحتلها جو السحابة فتسقط إلى الأرض.

طبقات الجليد

يُبين المَقطع العرضي المُقابل بوضوح أن حبة البرد تتألف من طبقات مُتراكمية كما البصلة. وتمثل كل طبقة رحلة صعود وهبوط قطعنها حبة البرد داخل السحابة قبل سقوطها.



تيار الهواء الصاعد يحمل حبة البرد ثانية إلى أعلى السحابة.

كيف يتكوّن البرد؟

يَنشأ البرد داخل السحب الرُكاميّة المُزنيّة الشاهقة التي قد تتنامى إلى ارتفاع ١٠ كم. فالتيارات الهوائية القويّة الصاعدة داخل السحابة تستطيع حمل قطرات المطر إلى طبقاتها العليا المتجمدة. وحال هبوط القطرة المتجمدة، تعود التيارات الهوائية فتقذفها ثانية إلى أعلى بحيث تتجمد طبقة جديدة من الجليد حولها. وتكرّر هذه العملية عدّة مرّات حتّى تُصبح حبة البرد ثقيلة؛ فتسقط بثقلها إلى الأرض.

أضرار البرد

يسبب البرد بأضرار بالغة، فيتلّف المحاصيل أو يجعلها غير صالحة للبيع، كهذا التفاح في الصورة المُقابلة. وقد تُخطم حبات البرد الكبيرة رُجاج النوافذ وتنفّر السيارات. وقد تبيد أسراب الطيور الصغيرة إذا باعته العواصف البرديّة دون غطاء.

منع البرد

لقد جرّت عدّة

مُحاولات لمنع أضرار البرد باستمطاره؛ منها، مثلاً بإطلاق المدافع على السحب كما تُبين هذه الصورة عن مَجَلّة فرنسيّة صادرة عام ١٩١٠. ومنذ عهد قريب، أُعيدت المحاولة بإطلاق بلورات يوديد الفضة داخل السحب قصد تحويل حبات البرد إلى مطر، لكنّ لما يثبت جدوى ذلك عمليًا.



حبات برد قياسية

أحيانًا تبلغ حبات البرد حجم البليات (كُلل اللعب) وأحيانًا أقل، حجم كرات التنس. أمّا الهجوم الضخم، كتلك التي سقطت في بنغلادش عام ١٩٨٦ وبلغ وزن الواحدة منها ١,٠٢ كغ، فنادرة. في الصورة أعلاه، حبة برد ضخمة سقطت في كنساس، بالولايات المتحدة، عام ١٩٧٠، وبلغ محيطها ٤٣,٦ سم ووزنها ٧٦٥ غ.



لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الكهربائيّة الساكنة ص ١٤٦
- البرق والرعد ص ٢٥٧
- السحب ص ٢٦٠
- المطر ص ٢٦٤



الصقيع والندى والجليد

بعد غروب الشمس تبدأ الأرض تفقد حرارتها بالإشعاع - في حين لا يفقد الهواء حرارته بالسرعة ذاتها، فتغدو الأرض أبرد من الهواء فوقها. ففي الليالي الساكنة الصافية يتكثف بخار الماء في الهواء على سطح الأرض كقطرات ندى. ويبدأ هذا التكاثف على درجة حرارة تُعرف بنقطة الندى. وإذا هبطت درجة حرارة الهواء إلى ما دون درجة التجمد، يتحول بخار الماء مباشرة إلى بلورات جليدية تغطي كل شيء بالصقيع. أحياناً تغطي الأرض بطبقة جليدية شفافة تجعل الطرق زلقة - ويحدث ذلك حين يسقط المطر عبر طبقة هواء باردة جداً على أرض درجة حرارتها دون درجة الصفر المئوية، فيتجمد المطر إلى جليد يبدو قاتماً لأن الأرض ترى من خلاله.



دَلَوَاتٌ جليدية مقلوبة
تتكوّن «الدَلَوَاتُ» الجليدية أحياناً كبرزات في البريكات الضحلة أو مغاطس العصافير، لأن الماء المتجمد يتمدد فيدفع قُبّة صغيرة من الجليد صُعداً. فإذا تسفّفت القُبّة بتزايد التجمد يندفع الماء من تحتها عبر الشقوق ويتجمد. ويتكرر هذه العملية عدّة مرّات تتكوّن البرزات (التنوّات) الجليدية.



الصقيع الفضي

يحدث الصقيع غالباً في الليالي الباردة حين السماء خالية من السحب التي تعيق شع الحرارة من الأرض. والصقيع الفضي هو الأكثر شيوعاً حيث يغطي سطح الأرض وأوراق الأشجار وأغصانها، وحتى شبك العنكب، بطبقة رقيقة من البلورات الجليدية الدقيقة. ويكون الصقيع الفضي أحياناً من البياض والسماكة بحيث يبدو كطبقة من الثلج.

قلّما يكون الجليد على نهر أو بحيرة ذا سماكة كافية للتزلج فوقه.



الماء المتجمد

في الطقس البارد جداً قد تتكوّن طبقة من الجليد فوق الأنهار والبحيرات؛ وقد تبدو سميكة قويّة عند أطرافها، لكنّها تحوي بقعاً واهنة حيث يرقّ الجليد. لذا من الخطر السير على الماء المغطى بالجليد. الأسماك لا يضرّها هذا الغطاء الجليدي، بل هو في الواقع يحميها إذ يمنع تجمد المياه تحته.



تجمد البحر

لا تتجمد البحار عادة لأن الماء المالح يتجمد على درجة حرارة دون درجة تجمد الماء العذب. لكن شدة البرودة قد تجمد ماء البحر، بخاصة على مقربة من السواحل.

سمك الجليد في القارة القطبية الجنوبية

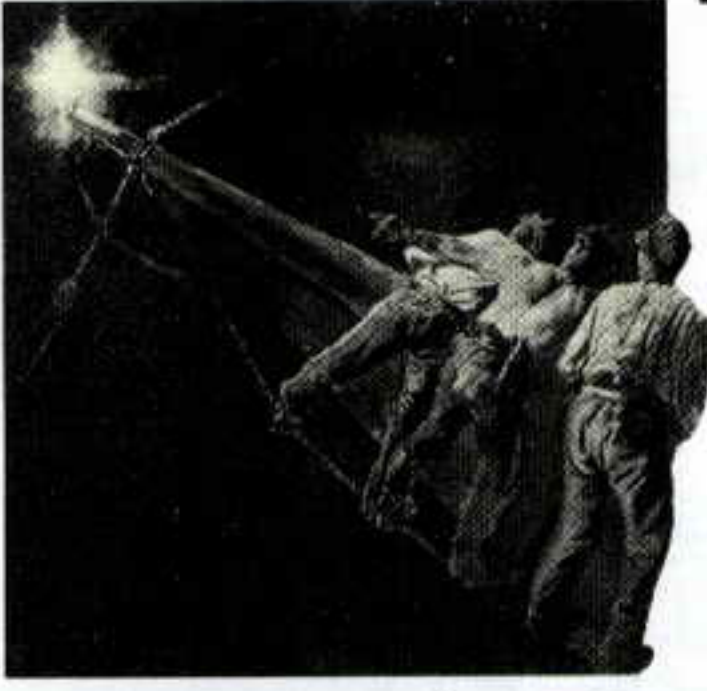
إن المياه حول القارة القطبية الجنوبية شديدة البرودة بحيث تجمد الدم في عروق الأسماك العادية. أمّا الأسماك التي تعيش في تلك المياه فقد طوّرت طبيعياً بعض الكيماويات في دمها لمقاومة التجمد - تماماً كما يمنع مقاوم التجمد تجمد الماء في مشيع السيارة أثناء برد الشتاء.



لمزيد من المعلومات انظر

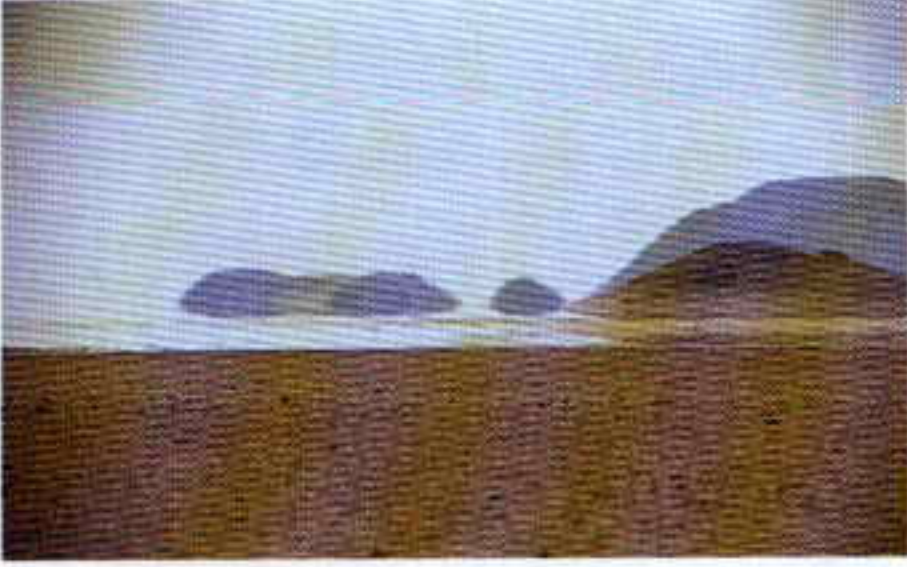
- تغيّرات الحالة ص ٢٠
- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الجليد والمثلج ص ٢٢٨
- الثلج ص ٢٦٦
- مناطق القطبين والتندرا ص ٣٨٢

ظواهر وتأثيرات غير عادية



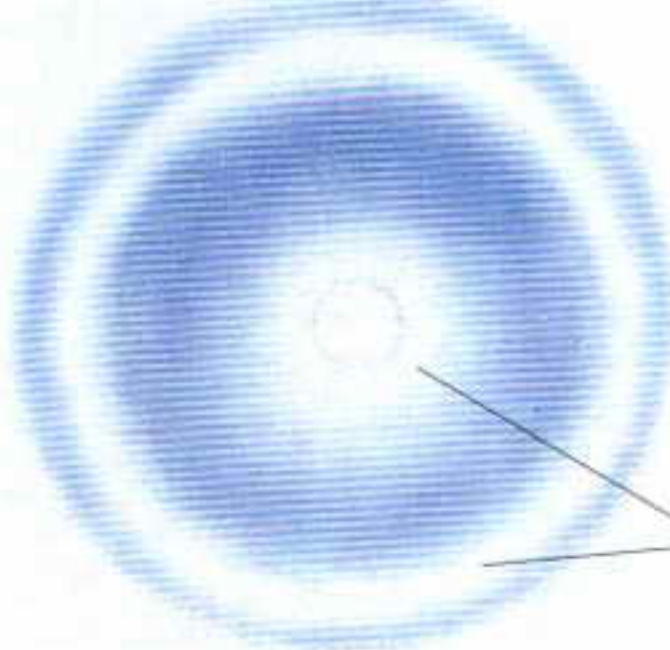
نار القديس إلمو

في الأجواء العاصفة قد يُشاهد توهج كروي أخضر مُزرق كالبرق على الأجسام المُستديقة الأطراف. وقد أطلق البحارة على هذه الظاهرة فوق صواري السفن اسم نار القديس إلمو. ويُشاهد هذا التوهج اليوم أحياناً على أطراف أجنحة الطائرات وماينات الصواعق.



السراب

السراب يقترن ذهنيًا بالصحاري الحارة؛ لكن يمكن مشاهدته على طريق مُعبّدة في يوم حار. المعروف أن الضوء ينكسر (ينحني) أثناء انتقاله من الهواء الدافئ إلى الهواء البارد. فعندما يكون الهواء الملايس لسطح الطريق أسخن من الهواء فوقه، تنكسر أشعة الضوء صعودًا بحيث تبدو كأنها آتية من غير المكان الذي انطلقت منه؛ لذا يبدو السطح كأنه بركة ماء. والواقع أن ما نراه هو صورة للفضاء، لأن أشعة الضوء من الجو تبدو كأنها آتية من سطح الطريق.

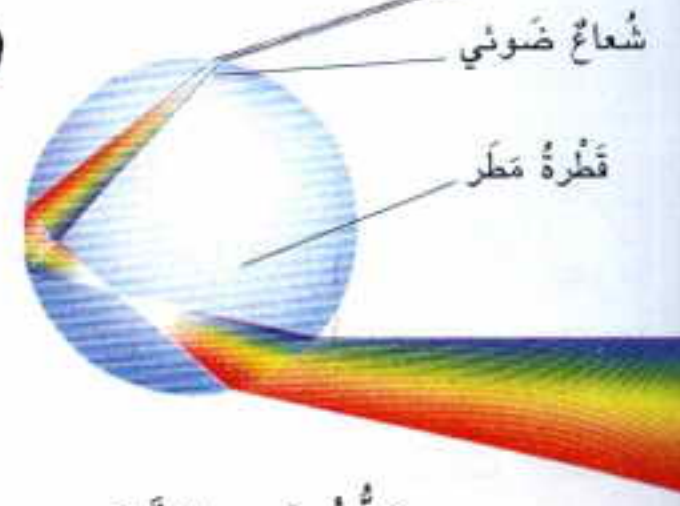


هالنا القمر

الوان قوس قزح من الخارج إلى الداخل هي كما يلي: الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي والبنفسجي.

شبح بروكين

يُمكن مشاهدة ظاهرة فريدة عندما تكون الشمس خفيفة في السماء، بخاصة في المناطق الجبلية - إذ تبدو ظلال الأشياء والناس ضخمة هائلة على الضباب أو السحب الواقعة تحتها. ويُعرف هذا الظل بشبح بروكين نسبة إلى جبل بروكين في ألمانيا - حيث تُشاهد هذه الظاهرة.



تحلل ضوء الشمس

تعمل قطرة المطر كموشور صغير، فينكسر شعاع الضوء النافذ إليها وينعكس بداخلها، ثم ينكسر ثانية وهو يغادرها.

ينقلب ترتيب الألوان في قوس القزح الثاني إن وُجد.



أقواس قزح

يُمكنك مشاهدة قوس القزح فقط عندما تكون الشمس خلفك ورؤد المطر أمامك. فهذه الأقواس تتكون عند نفاذ أشعة الشمس في ملايين قطرات المطر. تعمل القطرات المعلقة في الهواء كموشورات صغيرة تحلل ضوء الشمس المار خلالها، كما هو موضح أعلاه، إلى ألوان الطيف السبعة التي تُؤلف قوس القزح. وقوس القزح هو في الواقع جزء من دائرة كاملة تحجب الأرض معظمها. لكن من ارتفاع شاهق، من طائرة مثلاً، ومع شيء من الحظ، قد تُشاهد الدائرة اللونية كاملة.

هالنا القمر

تتكون هالنا القمر أحياناً عندما يتقد ضوء القمر عبر بلورات جليدية عالية في الفضاء. فيرتد الضوء المنعكس على البلورات بزوايا ٢٢° أو ٤٦° مؤلفاً هاليتين منفصلتين. وتكون الهالتان عادة غير مُكتومتين، وغالباً ما تُشاهد الصغرى منهما فقط. هذا ويُمكن مشاهدة هالات حول الشمس أيضاً.

جون تيندال

اهتم العالم البريطاني، جون تيندال (١٨٢٠-١٨٩٣)، بدراسة المثلج، وكان من أوائل مُتسقي جبل ماتيهورن في الألب السويسري. وله أيضاً



أبحاث في الضوء وظاهرة استقطاره بالجزيئات الكبيرة والغبار. هذه الظاهرة المعروفة باسمه هي سبب رؤيتنا لحرَم الأشعة من نور الشمس. وارتأى تيندال أن زُرقة السماء عائدة إلى كون استقطار الجزء الأزرق من نور الشمس في السماء أيسر كثيراً من استقطار سواها من الألوان الأخرى؛ وقد أثبت أينشتاين صحة ذلك فيما بعد.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكهربائية الساكنة ص ١٤٦
- الانكسار ص ١٩٦
- الضوء والمادة ص ٢٠٠
- الظلال ص ٢٠١
- الألوان ص ٢٠٢
- الجو ص ٢٤٨

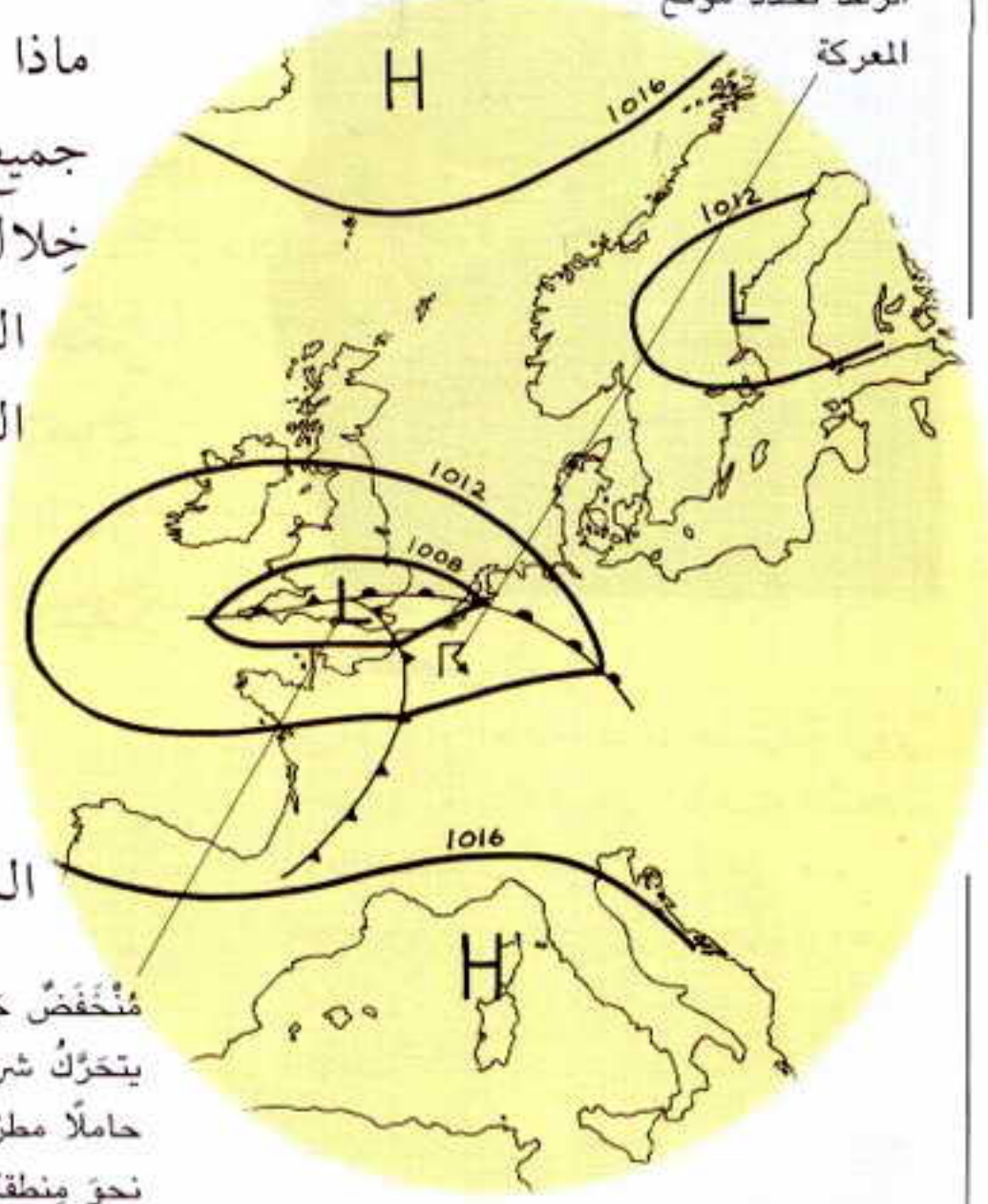
التنبؤ بالأحوال الجوية

العلامة الدالة على

الرُّعد تخذُّدٌ موقع

المعركة

ماذا ستكون عليه حال الطقس اليوم؟ إن التنبؤ بدقة عن الطقس يتطلب تجميع معلومات من جميع أنحاء العالم. هنالك نوعان من التنبؤ - نوع طويل المدى يُنبئ بأحوال الطقس عمومًا خلال الأسبوع المقبل، ونوع قصير المدى يُنبئ بأحوال الطقس مفصلاً للأربع وعشرين ساعة التالية. أكثر المهتمين بتنبؤات الأحوال الجوية من غير العسكريين هي منظمات الطيران المدني، كشركات الطيران والمطارات التي تحتاج إلى معرفة أحوال الجو على ارتفاعات مختلفة. كذلك تحتاج شركات الملاحة البحرية إلى التحذير من العواصف؛ وتحتاج محطات القدرة إلى معرفة أوقات البرد المتوقعة كي يُصار إلى تقدير وتلبية كميات الطلب على الطاقة. كما يحتاج المزارعون إلى تنبؤات الطقس ليستطيعوا تنظيم أوقات الحصاد وحماية المحاصيل. وأنت أيضًا تحتاج إلى نشرات جوية يومية لمعرفة نوع الملابس التي سترتديها، وما إذا كان عليك حمل المظلة حتى ولو بدا لك الطقس مشمسًا.



مُنخفض جوي

يتحرك شرقًا ببطء،

حاملًا مطرًا غزيرًا

نحو منطقة واترلُو.

الطقس في التاريخ

بالرجوع إلى السجلات القديمة يستطيع الخبراء رسم خرائط الطقس لأيام معينة في التاريخ. فالخريطة أعلاه، تُبين أحوال الطقس في الليلة السابقة لمعركة واترلُو في ١٧ حزيران (يونيو) عام ١٨١٥. والمعروف أن المعركة كانت بين جيش الإمبراطور الفرنسي نابليون، وبين جيش الحلفاء بقيادة دوق ولنتون. فقد أدى هطول المطر الغزير إلى توخّل أرض المعركة مما أضطرّ الفرنسيين إلى تأخير هجومهم. فساعد هذا التأخير على تدفّق المزيد من الفرق العسكرية لمساندة جيش ولنتون وانتصاره في المعركة.

خريطة طقس من اليابان

يُرسّم المُتنبّون خرائط للطقس تُبين توقعاتهم لمختلف الظروف والأحوال الجوية - كدرجة الحرارة والرياح والضغط وهطول المطر وغيرها، مُستخدمين رموزًا مُتفقًا عليها دوليًا. فالخريطة المُعدّة ليوم ١٦ كانون الأول (ديسمبر) عام ١٩٩٢ تُبين تنبؤ مُنخفض جوي فوق اليابان. فالرياح القويّة تهبّ حوّل المُنخفض باتجاه ضِدّ اتجاه عقارب الساعة مُدوّرة جبهات من الهواء الدافئ والبارد معه. فطقس اليابان المتوقع عاصف رطب - بينما يُسيطر مُرتفع جويّ إلى الغرب - مما يعني أن الطقس في الصين بارد وجاف.

منظر من الفضاء الخارجي

تلتقط صورٌ للشُعب من الفضاء الخارجي بواسطة سواتل رصد الطقس، تُبين الأحوال الجوية بنظرة خاطفة. الصورة الساتلية هنا تُبين أنماط الشُعب المرافقة لخريطة الطقس أعلاه - فيلاحظ أن الشُعب تُشكل عقدة كثيفة على مقربة من مركز المُنخفض الجويّ، مع مزيد من الشُعب المُنتشرة على امتداد خط الجبهة.

مُنخفض ضغطي

الدائرة دلالة على غطاء غيمّي

النجمة دلالة على

أنها تُثلج

الايسوبار يصل بين

المناطق المتساوية الضغط

الأسهم

يُدلّ على

الهواء

جبهة دافئة

جبهة مُرتجة

ثلث أبيض مقلوب

رأسًا على عقب يدلّ

على هطول المطر

النقطة السوداء دلالة

على هطول المطر

جبهة باردة

يُدلّ السهم على اتجاه الرياح،

والأرياش على قوتها

الشُعب الكثيفة في المُنخفض

الجويّ تجلب المطر والثلج.

الضغط العالي يجلب

جوا صافيا بدون

تساقط.

جَمْعُ المَعْلُومَات

تضمُّ مُنظمة الأرصاد الجوية العالمية ١٥٠ بلداً تقيّد كُلُّها من المعلومات المُجمّعة في المراكز العالمية لرصد الأحوال الجوية. فتُجمّع كُلُّ يوم مُعطيات من حوالي ١٠,٠٠٠ محطة أرضية و ٧,٠٠٠ سفينة ومئات الطائرات والمناطيد وعدّة سوايل، في مراكز خاصّة في موسكو بروسيا، وواشنطن العاصمة بالولايات المتحدة، وملبورن بأستراليا. وتُنظّم النشرات الجوية الإقليمية والدولية، وترسل إلى الأعضاء في المنظمة؛ فيرسل هؤلاء بدورهم تلك المُعطيات إلى مكاتب الأرصاد الجوية المحليّة التي تُعدّ بدورها النشرات الجوية الخاصّة بالبلد العضو.



السفن

تقيس سفن الرصد الجوي الضغط ودرجة الحرارة في مستوى سطح البحر، كما تقيس درجة حرارة البحر ذاته. وتُطلق أيضاً بالنوبات الرصد الجوي لتبعث المعلومات عن أحوال الجو على ارتفاعات مختلفة.

الحواسيب

تُعَدّي النظم والنماذج الحاسوبية بالمعلومات الارصادية من سائر أنحاء العالم، فتقوم الحواسيب بتنظيم التنبؤات عن أحوال الطقس المُتوقعة.



مسابير الرصد اللاسلكية

تحمل المناطيد المُعبأة بالهليوم رزماً من المُعدّات إلى الجو تُعرف بمسابير الرصد اللاسلكية. وبالإضافة إلى ما تبعثه هذه المسابير من مُعطيات عن الضغوط ودرجات الحرارة، فإنه يمكن تعقبها لتيّن سرعات الرياح المُختلفة.



تُطلق مسابير الرصد اللاسلكية مرّتين في اليوم على الأقل.

استخدام التنبؤات الجوية

لا غنى للمطارات عن تنبؤات الأحوال الجوية، بخاصّة في طقس رديء، كي تتخذ التدابير وتجهّز المُعدّات لإبقاء المدارج سالكة. ويُعتبر الثلج والجليد أسوأ ما يُهدّد حركة الطائرات من أخطار؛ كما إنّ التحذيرات من الرياح العاتية مُهمّة أيضاً.

لزيب من المعلومات انظر

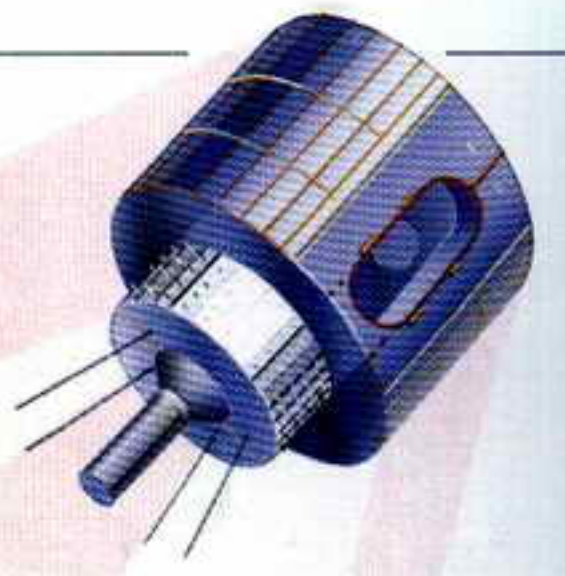
- ضغط الهواء ص ٢٥٠
- الجبهات المناخية ص ٢٥٣
- قوة الرياح ص ٢٥٦
- تكوّن السحب ص ٢٦٢
- رصد الطقس ص ٢٧٢
- السوايل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤١٦

المحطات المؤتمنة

في المناطق النائية تُجمّع معلومات رصد الطقس في محطات غير مأهولة، ثم ترسل أوتوماتياً عن طريق سائل فضائي إلى مراكز الأرصاد الجوية. وتُقام محطات مُماثلة على بعض منصات النفط البحرية البعيدة عن الشاطئ.

السوايل

تُجمّع المعلومات من الأرض بواسطة السوايل وتُنبث إلى محطات الرصد الجوي كل ٣٠ دقيقة مُرفقة بصور لأنماط السحب المُتواجدة.



الطوافي الأوتوماتية

تُستخدم طوافي (ج. طافية) الرصد الجوي، بدل السفن ذات الطواقم؛ لتُسجّل المعلومات عن الطقس المحلي على مستوى سطح البحر وتُنقل إلى السوايل.



الطائرات

تحمل طائرات خاصّة آلات الرصد إلى الجو. وهي أحياناً تَبث قياساتها تواتراً إلى الأرض، أو تُسجّل قياساتها المُختلفة وتعودّ بها إلى الأرض.

المحطات الصغيرة

يؤدي بعض الأفراد دوراً مُهماً في رصد الطقس بواسطة آلات رصد بسيطة، وهم يبعثون بمعلوماتهم عن أحوال الطقس المحليّة إلى محطة رصد رئيسية.



لويس فراي ريتشاردسون

استنبط الرياضي البريطاني، ل. ف. ريتشاردسون (١٨٨١-١٩٥٣)، طريقة لاستخدام التقنيات الرياضية في التنبؤ عن الأحوال الجوية. أنجز ريتشاردسون نظريته أثناء خدمته العسكرية في فرقة الإسعاف خلال الحرب العالمية الأولى؛ لكن مخطوطته فُقدت عام ١٩١٧ في إحدى المعارك، ثم وُجدت بعد عدّة أشهر تحت كومة من القمح. وقد نُشر عمل ريتشاردسون عام ١٩٢٢، لكن أفكاره لم يُمكن تطبيقها إلا حين اخترع الحاسوب الإلكتروني بعد ٢٠ سنة.



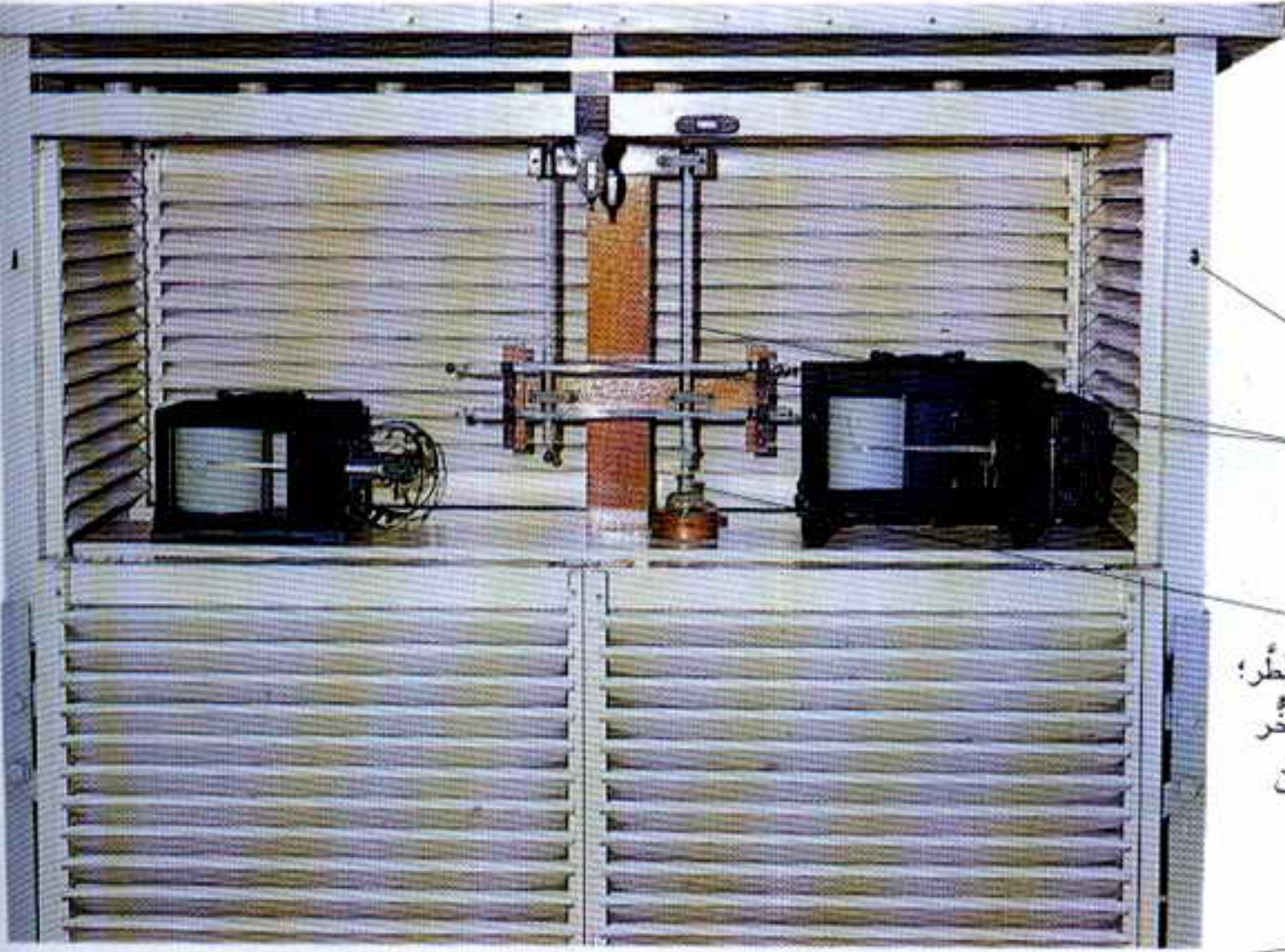
رصد الطقس

إخضرار السماء

يُخَمَّرُ الأفق عادةً عند الفجر والفقس، لكن نعيم السماء يُحْبِبُ هذا اللون. في أوروبا وأمريكا الشمالية، تحمل الرياح التغيرات في الأحوال الجوية من الغرب. فإذا اشتدت حُمرة السُفْح عند الغروب فذلك يعني أن الطقس المُقبل سيكون صافياً. أمّا حُمرة السماء عند الصباح فتعني أن الطقس الجيد يُشارفُ نهايته.

السقف المزودج يصد حرارة الشمس.

على مدى آلاف السنين، قبل اختراع آلات رصد الطقس في القرن السادس عشر، كان الناس يرقبون المظاهر الطبيعية وشكل السماء والغيوم، وأوضاع الشمس والقمر وأحياناً سلوك الحيوانات والنباتات لتعرف أحوال الطقس. ولقد نشأ عن تلك الخبرات الكثير من الأقوال المأثورة في علامات الطقس المتوقع تناقلتها لأجيال على مر السنين فعدت جزءاً من التراث الشعبي عندهم. إن كثرة من هذه العلامات والأمثال هي أكثر من تراث شعبي - فهي غالباً ما تصح في مجال الرصد الجوي. إن المراقبة الدقيقة لأحوال الطقس، معززة بقياسات البسيطة لدرجات الحرارة والضغط الجوي تجعل عملية التنبؤ الذاتي بالأحوال الجوية المحلية مصدراً موثقاً يعول عليه.



الوقاء الأباجوري يُظلل آلات الرصد من شع الشمس المباشر. وتثبت شقوق التهوية في جوانب الصندوق دوران الهواء بخرية داخله.

ترموتر ذو بصيلة مخضلة وأخرى جافة

تُغمَر البصيلة المخضلة في ماء مُقَطَّر؛ وخلال عملية التبخر تُنمَّص الحرارة من الترمومتر.

تُقام جميع صناديق شتيفنسون الأباجورية للرصد الجوي على علو ١,٢ م كي يُمكن مقارنة جميع القياسات بدقة.

صناديق شتيفنسون الأباجورية

تستخدم معظم محطات الرصد الجوي والكثير من المدارس صناديق شتيفنسون الأباجورية. وقد يحوي الواحد منها ترمومتراً ذا بصيلة مخضلة وأخرى جافة لقياس الرطوبة النسبية، التي تتغير بتغير درجات الحرارة، والتي تُحَسَّب بواسطة جدول خاص. وقد يحوي الصندوق الأباجوري أيضاً ترمومتر النهايتين العظمى والصغرى ومسجلات مخطاطية للرطوبة ودرجات الحرارة.

الكرز الياباني

جرت العادة في اليابان على تسجيل تواريخ تنوير (إزهار) أشجار الكرز منذ عدة قرون. وقد ساعدت تلك التسجيلات المهممين بالرصد الجوي على معرفة نوعية الطقس منذ مئات السنين، وما إذا كان فصل الشتاء قارساً أو الربيع مبكراً في أي سنة من السنين.



المواشي

يُعتقد شعبياً أن جنوم المواشي في الحقول دليل على قرب هطول المطر - إفتراضاً أنها بذلك تضمّن لنفسها مجئاً جافاً. حتى لو كان هذا الإفتراض صحيحاً، فالملاحظ أن المواشي تجثم في أي وقت. فلا يدلّ جنوم قطع من البقر في حقل ما على قرب هطول المطر!

يصبح مَلَمَسُ غشبية البحر رطباً عند اقتراب هطول المطر.



العشب البحري

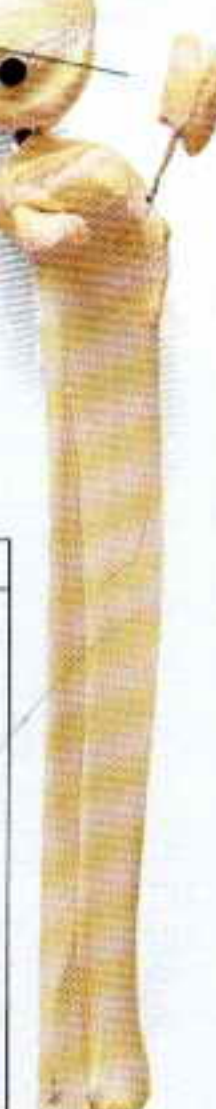
يُمكنك استخدام غُضنة من عشب البحر الأسمر (الكَلْب) تجلبها من الشاطئ، كقطعة الكَلْب هذه، لتساعدك في مراقبة تقلبات الطقس. ففي الطقس الجاف تنبخر الرطوبة من غُضنة الكَلْب فتصبح قصفة صلبة. وفي الطقس الرطب تمتص الغُضنة الرطوبة من الهواء فتغدو متفتحة طرية مجدداً. غير أن تغيرات عشب البحر تُنبئنا عن حال الطقس آنياً - لا عما سيكون عليه الطقس في أيام مُقبلة.

رُكبة بشرية

تُعاني الحيوانات من الرُكبة (الروماتيزم) في مفاصلها.

العظام

خلال فترات الطقس اللطيف المعتدل قد لا يشعر معانو الرُكبة (الروماتيزم) بالألم. لكن مع اقتراب الطقس الرطب البارد، فإنهم يبدأون «تحسسه في عظامهم».



لزيد من المعلومات انظر

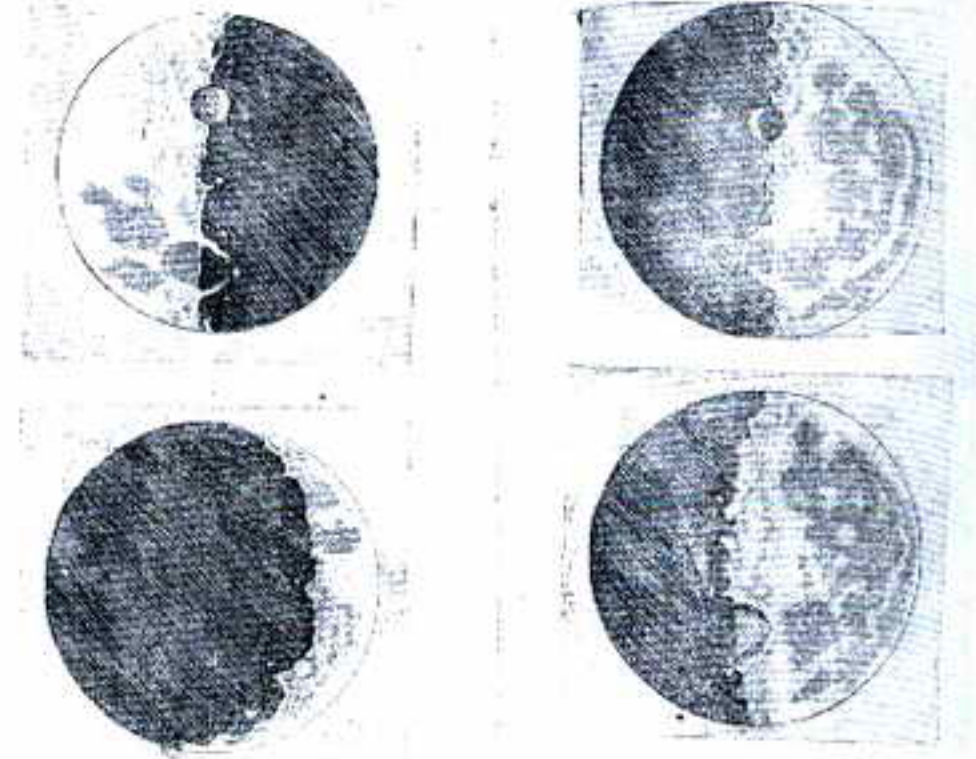
- الصَّوْءُ وَالْمَادَّةُ ص ٢٠٠
- الْمُنَاخَاتُ الْمُتَغَيِّرَةُ ص ٢٤٦
- ضَعْفُ الْهَوَاءِ ص ٢٥٠
- دَرَجَاتُ الْحَرَارَةِ ص ٢٥١
- الرُّطُوبَةُ ص ٢٥٢
- السُّحْبُ ص ٢٦٠
- ظَوَاهِرُ وَتَأْثِيرَاتُ غَيْرِ عَادِيَةٍ ص ٢٦٩
- التَّنْبُؤُ بِالْأَحْوَالِ الْجَوِيَّةِ ص ٢٧٠

الفضاء

عندما تتطلّع نحو السماء فأنت تنظر إلى الفضاء - حيث قد ترى النجوم والكواكب ومدى شاسعاً من الفضاء الخاوي فيما بينها. وقد حاول الناس منذ القدم إدراك موقع الأرض في مجالها المحلي المحدود من هذا الفضاء ومع ما هو وراءه من الكون اللامحدود. استُخدمت الحضارات الأولى تحركات الأجرام السماوية أساساً لتقاويمها ودليلاً مُرشداً للملاحة البحرية وأحياناً لاستطلاع الأحداث المُستقبلية بالتنجيم. وقد حاول الفلكيون الأوائل تعليل تحركات تلك الأجرام؛ وراحوا منذ القرن التاسع عشر يبحثون عن ماهيتها ونشأتها. واليوم تُتاح للفلكيين تقنيات مُتطورة بالغة الدقة والتعقيد لمتابعة أبحاثهم في محاولة فهم أسرار هذا الكون الفسيح.



في العام ١٦٠٩،
كان عالم الفلك
الإيطالي، غاليليو
غاليلي، أول
شخص يدرس
الفضاء بمقراب
(تلسكوب).



حين وجّه غاليليو مقرابه نحو القمر شاهدَ وهذا وجبلاً لا تُرى بالعين المجردة.

المقارب (التلسكوبات)

كان للتكنولوجيا، في مختلف مراحلها، تأثير كبير على علم الفلك. ففي أوائل القرن السابع عشر اخترع المقراب واستُخدم للمرة الأولى لاستطلاع الفضاء. فكشف بُعْداً على سطح الشمس، وأربعة من أقمار المشتري، ومزيداً لا يحصى من النجوم. ومنذُئذ أصبحت التلسكوبات أكثر تطوراً وتعقيداً، وغداً أحدثها يُستخدم في قياس مواقع النجوم وتحليل إشعاعاتها والنقاط صور فوتوغرافية لها.



صورة باشعة إكس
لأكسبوتيا «أ» (بقايا
متجذّر أعظم)

المناطق الخضر تُبين
مواقع ابتعاد معظم
الاشعة السينية.

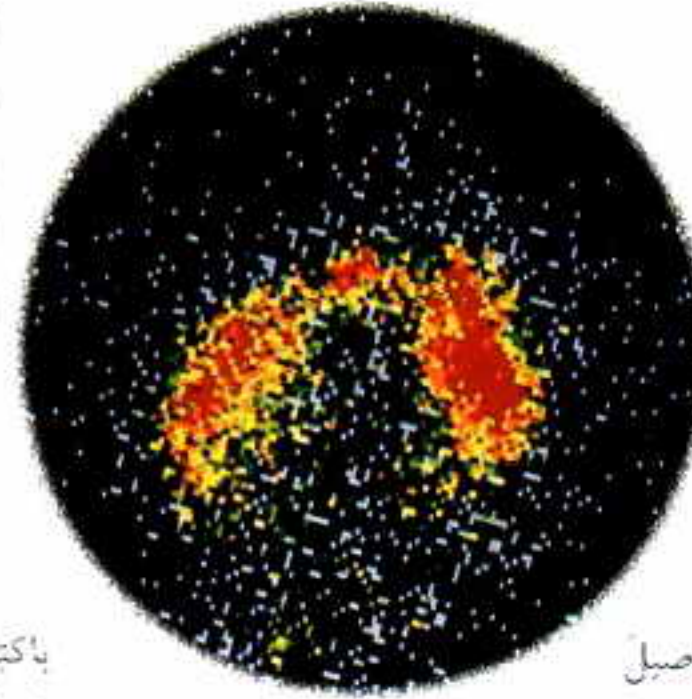
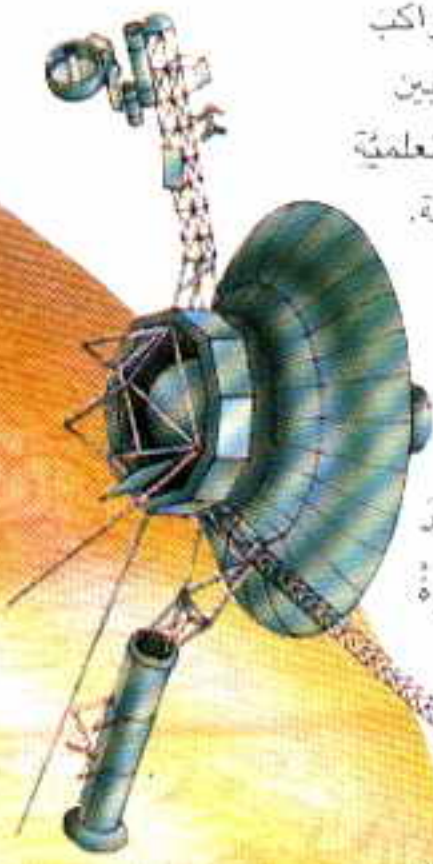
الفضاء الموحش

تملأ الكون بلايين النجوم والمجرات، ومع ذلك يظلّ خاوياً شبيهاً. وهو من اتساع المدى بحيث إنّ ضوء جميع بلايين النجوم لا يكفي لإنارته؛ فبين النجوم هنالك بلايين الكيلومترات من الفراغ المظلم البارد. والمعروف أنّ الإنسان هو شكل الحياة المُدرَك الوحيد في هذا الكون؛ لذا فالفضاء، بالنسبة له، مكانٌ موحش حقاً.

سابران فضائيان، من طراز فوياجر، زارا كواكب المشتري وزحل وأورانوس ونبتون في الفترة بين ١٩٧٩ وبين ١٩٨٩، قاتبتا بعض النظريات العلمية كما حقّقا أيضاً بعض الاكتشافات غير المتوقعة.

مُعَدَّات حديثة

يُستخدم الفلكيون مُعَدَّات حديثة على الأرض، ويرسلونها أيضاً إلى الفضاء للحصول على مشاهد ومعلومات أفضل عما يحيط بنا. فالمقارب الذائرة في مداراتها حول الأرض تستطيع رؤية الأجرام الفضائية بوضوح أشد، كما يمكنها التقاط إشعاعات لا يتسنى لها اختراق جو الأرض. كما تُرسل الروبوبات، كسواير فضائية، في رحلات مُوحشة لتدور حول كواكب أخرى أو تُحطّ عليها وتبعث باكتشافاتها إلى الأرض. وجدّير بالذكر أنّ التحكم في معظم هذه السواير والتلسكوبات يتمّ من الأرض بواسطة الحواسيب.



صُورُ الفضاء

على مدى عدّة قرون، ظلّت الطريقة الوحيدة لاستطلاع خفايا الكون هي تجميع أمواج الضوء المُبتعثة من الأجرام الفضائية ودراستها. أما اليوم فيستطيع الفلكيون تجميع ودراسة أنواع أخرى من الإشعاعات المُبتعثة، كالاشعة السينية مثلاً، لإعداد صور أدقّ عن الكون. فالصورة المُقابلة بالاشعة السينية (أشعة إكس) يُقايها نجم مُتفجّر (متجذّر أعظم) تُظهر تفاصيل واضحة ناصعة - في حين إنّها لو التقطت بأموح ضوئية فقط، لما بان منها سوى كتلة غازیّة خافتة التوهّج.

الكَوْن

الكَوْن

مجموع المجرات في الكون يقارب
١٠٠٠٠٠ مليون مجرة.

الكون هو كل شيء يمكن أن تُفكر فيه وأكثر. فهو يشمل جميع المجرات والنجوم والكواكب والأقمار والحيوانات والنباتات والكُتُب، كموسوعتك هذه، كما يشملك أنت وغيرك من بني البشر - ويشمل حتى الفراغ بين هذه جميعاً. لقد حسب الأقدمون أن الكون يضم فقط ما يُشاهدونه بأعينهم من الأرض؛ وكانوا يعتبرون الأرض مركز الكون وأهم جزء فيه. أمّا اليوم، فنحن نعلم كم هو الكون شاسع بما يفوق التصوّر، وأن الأرض ما هي إلا جزء ضئيل جداً منه. لقد تطور مفهومنا الحالي للكون بفضل علماء الفلك والكونيات في هذا القرن؛ فالفلكيون يدرسون أجزاء معينة من الكون - فيما يجهد الكونيون لتعرف أصل الكون ونشأته وتطوّراته.

الكون المتغير

كل شيء في الكون يتغير. فعلى الأرض، يتغير بنو البشر بعد انقضاء آجالهم، وكذلك النباتات والكائنات الأخرى. والنجوم في الفضاء أيضاً لها آجالها، وهي دائمة التغير. حتى الكون كمجموع لا يبقى على حاله، فهو أيضاً له أجله الخاص. ففي مطلع هذا القرن، اكتشف الفلكيون أن جميع المجرات (مجموعات عظيمة من النجوم) يتباعد بعضها عن بعض بسرعة، وأن الكون يتمدد باستمرار.

السنة الضوئية

المسافات في الكون شاسعة جداً بحيث تُقاس بالسنين الضوئية. والسنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة. ولما كانت سرعة الضوء تساوي ٣٠٠٠٠٠ كم في الثانية، فإن هذه المسافة تبلغ ٩٤٦٠٠٠٠ مليون كيلومتر.

الأرض
يعيش البشر على كوكب
هو الأرض.

الانزياح نحو الأحمر

يسري الضوء أمواجاً. فالموجة الضوئية المنضغطة المرتبضة زرقاء، بينما الممتدة الممتدة حمراء - وفي ما بينهما باقي ألوان الطيف الأخرى. إن أمواج الضوء من مجرة تتحرك بعيداً عنا، تُمتد نحو الطرف الأحمر للطيف - فيما تُسمّى الانزياح نحو الأحمر؛ ويزداد هذا الانزياح بازدياد سرعة المجرة. ويعلم الفلكيون، تبعاً لقانون هبل، أن المجرات الأبعد تتحرك بعيداً بسرعة أكثر من المجرات الأقرب، وهكذا يتبين، بمدى الانزياح نحو الأحمر، بُعد المجرة موضع الدرس عن الأرض.

النظام الشمسي

الأرض أحد تسعة كواكب
تدور حول نجم هو الشمس.

درب التبانة

الشمس مجرّد نجم واحد فقط من قرابة ٥٠٠,٠٠٠ نجم في مجرة تُسمى درب التبانة.

يعتقد الفلكيون أن هنالك الملايين من النجوم التي لها كواكبها الخاصة في الكون. لكن الشمس هي، حتى الآن، النجم المعروف الوحيد الذي ينطبق عليه ذلك.

إدوين هبل

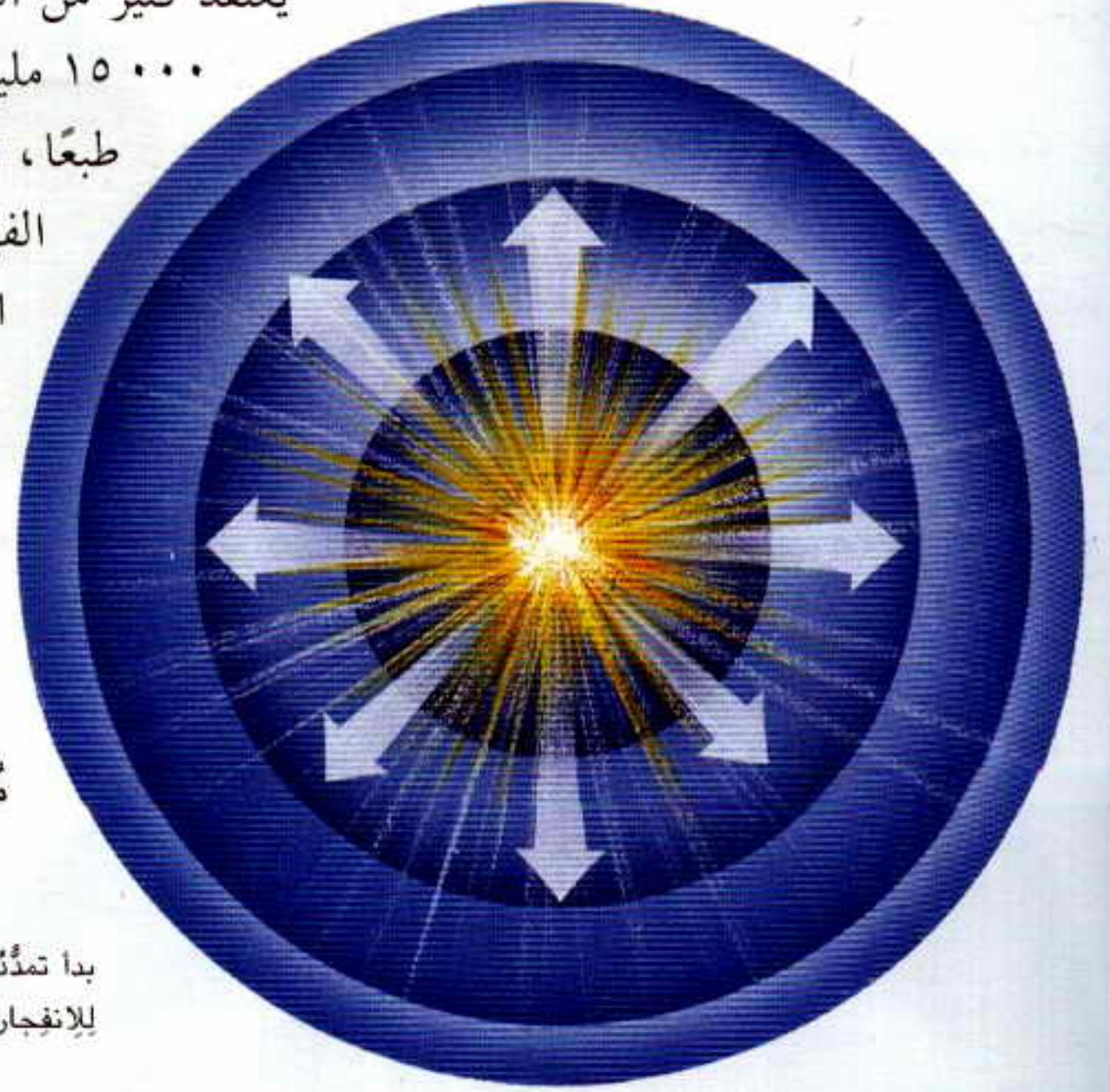
في العام ١٩٢٤، بيّن الفلكي الأمريكي، إدوين هبل (١٨٨٩-١٩٥٣)، أن السدم (رقعا ضوئية ضبابية في الفضاء) هي مجرات بعيدة. وفي العام ١٩٢٩، وجد أن السرعة التي تتحرك بها مجرة ما، بعيداً عن الأرض، تعتمد على بُعدها عن الأرض. فإذا كان بُعد مجرة خمسة أضعاف بُعد أخرى، فإنها تتحرك بسرعة تساوي خمسة أضعاف سرعة الأخرى. وهذا هو قانون هبل.

لزيد من المعلومات انظر

قياس الصوت ص ١٨٠
الضوء ص ١٩٠
أصل الكون ص ٢٧٥
المجرات ص ٢٧٦
النجوم ص ٢٧٨
النظام الشمسي ص ٢٨٣
علم الفلك ص ٢٩٦

أصل الكون

يَعْتَقِدُ كَثِيرٌ مِنَ الْعُلَمَاءِ أَنَّ الْكَوْنَ نَشَأَ عَنْ انفجار هائل هو الانفجار العظيم، منذ ١٥٠٠٠ مليون سنة، تولدت فيه كُلُّ أشكالِ المادَّةِ والطاقة - كما الفضاء والزمن. طبعًا، لم يكن هناك أحدٌ ليروي ما حدث، ولكنَّ الاكتشافاتِ الفدَّةِ في عِلْمِي الفيزياء والفلك مَكَّنَتِ الْعُلَمَاءَ مِنْ اقْتِفَاءِ تَارِيخِ الْكَوْنَ حَتَّى جُزْءِ الثَّانِيَةِ الْأَوَّلِ مِنْ نَشَأَتِهِ. وَهُمْ يَعْتَقِدُونَ أَنَّ مَادَّةَ الْكَوْنَ قَبْلَ الْانْفِجَارِ كَانَتْ هَيُولَى مُطْلَقَةً مُتْرَاصَّةً فِي حِجْمٍ ضَخِيمٍ، وَأَنَّهَا فِي تَمَدُّدٍ مُسْتَمِرٍّ مُنْذُنْذٍ. وَقَدْ وُضِعَتِ نَظَرِيَّةُ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ عَامَ ١٩٣٣، ثُمَّ قُدِّمَتْ نَظَرِيَّةٌ أُخْرَى عَامَ ١٩٤٨، تُعَرِّفُ بِنَظَرِيَّةِ الْحَالَةِ الْمُسْتَقَرَّةِ، مَفَادُهَا أَنَّ تَخَلُّقَ الْمَادَّةِ الْجَدِيدَةِ مُسْتَمِرٌّ؛ وَهَكَذَا فَإِنَّ الْكَوْنَ، كَكُلِّ، لَنْ يَتَغَيَّرَ! لَكِنَّ هَذِهِ النَظَرِيَّةَ لَا يُعْتَدُّ بِهَا الْآنَ. وَقَدْ بَدَأَ الْعُلَمَاءُ مُؤَخَّرًا يَتَدَارَسُونَ مُسْتَقْبَلَ الْكَوْنَ وَمَا الَّذِي يَنْتَظَرُهُ تَالِيًا.



قد يعود الكون إلى التراص
مُجَدَّدًا فِي «دَهْكَةٍ عَظِيمَةٍ».

بدا تمدُّد الكون نتيجة
لِلانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

الانفجار العظيم

مِنْذُ حَوَالِي ١٥٠٠٠ مليون سنة كان الكون ضئيل الحجم جدًا وحرارًا جدًا؛ وبالانفجار العظيم بدأت عملية التمدُّد والتغير، وما زالت مُسْتَمِرَّةً حَتَّى الْيَوْمِ. فِخْلَالَ دَقَائِقٍ مِنْ حُدُوثِ الْانْفِجَارِ أَخَذَتِ الْجُسَيْمَاتُ الذَّرِيَّةُ بِالتَّلَامِ مُكَوَّنَةً غَازِي الْهَلِيُومِ وَالْهَدْرُوجِينِ اللَّذِينَ، عَلَى مَرِّ مِلْيَينِ السَّنِينَ، أَنْتَجَا الْمَجَرَّاتِ وَالنُّجُومَ وَالْكَوْنَ كَمَا نَعْرِفُهُ الْيَوْمَ.

الكون الارتدادي

مَا هُوَ مُسْتَقْبَلُ الْكَوْنَ؟ لِلْعُلَمَاءِ نَظَرِيَّاتٌ مُتَبَايِنَةٌ حَوْلَ هَذَا الْمَوْضُوعِ. فَبَعْضُهُمْ، مِنْ أَصْحَابِ نَظَرِيَّةِ الْكَوْنَ الْمَفْتُوحِ، يَرْتَنِي أَنَّ لَا نِهَايَةَ مُحَدَّدَةً لِلْكَوْنَ؛ لَكِنَّهُ سَيَقَاصِرُ تَدْرِيجِيًّا قَبْلَ أَنْ يَتَوَقَّفَ! فِيمَا يَرْتَنِي أَصْحَابُ نَظَرِيَّةِ الْكَوْنَ الْمَغْلُوقِ أَنَّ الْكَوْنَ سَيَتَوَقَّفُ عَنِ التَّمَدُّدِ وَيَبْدَأُ بِالتَّقْلُصِ وَالتَّلَامِ حَتَّى يُصْبِحَ مُتْرَاصًا جَدًّا أَوْ حَارًّا جَدًّا - نِهْيَةً لِانْفِجَارٍ عَظِيمٍ جَدِيدٍ.

بدأت أشكال الحياة الأولى بالظهور على الأرض حوالي
١٢٠٠٠ مليون سنة بعد الانفجار العظيم.

وُلِدَتِ الشَّمْسُ بَعْدَ ١٠٠٠٠٠ مليون سنة
مِنَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ؛ وَنَشَأَتِ الْأَرْضُ
وَالْكَوَاكِبُ مِنَ الْانْقَاصِ الْمُحِيطَةِ.

إِتَّخَذَتِ مَجَرَّتُنَا، دَرْبُ التَّبَّانَةِ، شَكْلَهَا الْقُرْصِيِّ
بَعْدَ ٥٠٠٠ مليون سنة مِنَ الْانْفِجَارِ
الْعَظِيمِ.

نَشَأَتِ الْكَوَاكِبَاتُ
(أَسْلَافُ الْمَجَرَّاتِ) مَا بَيْنَ
٢٠٠٠ وَ ٣٠٠٠ مليون
سنة بَعْدَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

بدأ تلامُّ المادَّةِ كُتْلًا بَعْدَ ١٠٠٠
مليون سنة مِنَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

عَاشَتِ الدَّيْنُوصُورَاتُ
مِنْذَ ١٩٠ مليون سنة.
وَوُظِّهَ الْجَنْسُ الْبَشَرِيُّ
مِنْذَ قُرَابَةِ مِلْيُونِي سَنَةٍ
- وَهُوَ جُزْءٌ ضَخِيمٌ مِنْ
عُمُرِ الْكَوْنَ.

الرُّمُّ الْحَاضِرُ -
حَوَالِي ١٥٠٠٠
مليون سنة بَعْدَ
الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

بَدَأَ تَشَكُّلُ الْمَجَرَّاتِ بَعْدَ ٣٠٠٠
مليون سنة مِنَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

حُدُودُ الْأَزْمَنَةِ

نَشَأَ الْكَوْنَ مُتَجَانِسَ الْأَجْزَاءِ تَقْرِيْبًا. لَكِنْ مَعَ
عَمَلِيَةِ التَّمَدُّدِ أَخَذَتِ الْمَادَّةُ تَلَامًّا كُتْلًا بِدَاخِلِهِ؛
وَسَاعَدَتِ الْجَاذِبِيَّةُ فِي تَجَمُّعِ
الْمَزِيدِ مِنْهَا تَارِكَةً مَنَاطِقَ مِنْ
الْفَضَاءِ الْخَاوِي بَيْنَهَا. وَفِي
نَهَايَةِ الْمَطَافِ، أَنْتَجَتْ
مَنَاطِقُ تَجَمُّعِ الْمَادَّةِ
النُّجُومَ وَالْمَجَرَّاتِ.

خِلَالَ دَقَائِقِ تَأَلَّفَ الْكَوْنَ
مِنْ ٧٥٪ هَدْرُوجِينٍ
و ٢٥٪ هَلِيُومٍ.

كَانَتِ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ قُرَابَةً
١٠٠٠٠٠ مليون درجة.

نَشَأَ
الْكَوْنَ -
الْانْفِجَارِ
الْعَظِيمِ

سَاتِلُ سَبْرِ الْخَلْفِيَّةِ
الْكُونِيَّةِ (كُوبِي) يَسْتَقْصِي
إِشْعَاعَاتِ الْكَوْنَ الْأَوَّلَى.
وَقَدْ كُشِفَ، عَامَ ١٩٩٢، تَفَاوُتًا فِي
هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ - مِمَّا يُؤَيِّدُ نَظَرِيَّةَ
الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

إِشْعَاعَاتُ الْخَلْفِيَّةِ

مِنْذُ الْأَرْبَعِينَاتِ مِنْ هَذَا الْقَرْنِ، أَخَذَ الْعُلَمَاءُ
يَتَقَصُّونَ حَالِ الْكَوْنَ فِي بَدَايَاتِ نَشَأَتِهِ. وَكَانُوا
مُدْرِكِينَ لِحَقِيقَةٍ أَنَّهُ كَانَ حَافِلًا بِالْإِشْعَاعَاتِ
وَأَنَّ تِلْكَ الْإِشْعَاعَاتِ لَا بُدَّ قَدْ بَرَدَتْ مَعَ تَنَامِي
الْكُونِ وَبُرُودِيَّتِهِ - حَتَّى إِنَّ الْفَلَكِيَّ الْأَمْرِيكِيَّ،
جُورْجِ جَامَاو، قَدَّرَ دَرَجَةَ الْحَرَارَةِ الَّتِي يَجِبُ
أَنْ تَكُونَ عَلَيْهَا الْآنَ. وَفِي عَامِ ١٩٦٥، كُشِفَ
الْعَالِمَانِ الْأَمْرِيكِيَّانِ، أَرْنُو بِنَزِيَّاسُ وَرُوبَرْتُ
وَيْلسُونُ عَنْ تَوَاجُدِ مِثْلِ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ
(الْمُسَمَّاةِ إِشْعَاعَاتِ خَلْفِيَّةٍ) فِعْلًا، فَكَانَ فِي
ذَلِكَ بُرْهَانٌ يُدْعِمُ نَظَرِيَّةَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

لمزيد من المعلومات انظر

- البَيِّنَةُ الذَّرِيَّةُ ص ٢٤
- الْجَلِيدُ وَالْمَثَالِجُ ص ٢٢٨
- الْكَوْنَ ص ٢٧٤
- الْمَجَرَّاتُ ص ٢٧٦
- النُّجُومُ ص ٢٧٨
- السَّوَاتِلُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠

المَجَرَّات

تتواجد النُجُومُ في مجموعاتٍ كُبرى تُدعى مَجَرَّات. وقد تنشأت هذه المجموعات الهائلة كسُدُمٍ ضخمةٍ من الغاز مُباشرةً بعد نشأة الكون. وعملت الجاذبية لاحقًا على تكتُّل الغاز في نُجُوم مُنفصلة. والمَجَرَّات شاسعةٌ جدًا بحيث إنَّ الضوء من نجمٍ في جانبٍ من مَجَرَّةٍ يَسْتغرق مئات آلاف السنين ليبلغ الجانب الآخر منها. وتكتسبُ المَجَرَّةُ شكلها المُمَيِّزَ تبعًا لِنسقِ تراتبِ النُجُومِ في داخلها. فالشَّمْسُ تقعُ في مَجَرَّةٍ حلزونيةٍ الشكل تُدعى دُرَبُ التَّبانة. وقد ظلَّ الفلكيُّونَ حتَّى بداياتِ هذا القرنِ يعتقدون أنَّ دُرَبُ التَّبانة هي المَجَرَّةُ الوحيدة في الكون؛ لكننا نعلمُ اليوم أنها في الواقع إحدى ١٠٠٠٠٠ مليون مَجَرَّةٍ فيه.

المَجَرَّاتُ الأخرى

أثبت الفلكيُّ الأمريكيُّ، إدوين هبل، عام ١٩٢٤، وجودَ مَجَرَّاتٍ أخرى حين بيَّن أنَّ النُجُومَ في سديم المرأة المُسلسلة (دُعي لاحقًا مَجَرَّةُ المرأة المُسلسلة) هي من البعد بحيث يستحيل انتمائها إلى مَجَرَّةِ دُرَبُ التَّبانة.



عوالمٌ بعيدة

منذُ بدايات القرن العشرين، رَصَدَ الفلكيُّونَ وجَدُّولوا عددًا كبيرًا من الرُّقع الضبابية الغامضة في السماء أسموها سُدُمًا؛ وكان العديد منها قد شوهد منذ عدَّة قرون. واعتقد بعضهم أنها مَجَرَّدُ سُحُبٍ سديميةٍ من الغاز في دُرَبُ التَّبانة، في حين ارتأى آخرون أنها قد تكون مَجَرَّاتٍ بعيدة؛ وبالفعل هذا ما تبَيَّن فيما بعد. وقد درسَ الفلكيُّ الأمريكيُّ، إدوين هبل، تلك المَجَرَّات وصنَّفها حسب أشكالها إلى أربعة أصنافٍ رئيسيةٍ - لولبية أو حلزونية (كدُرَبُ التَّبانة)، ولولبية عمودية، وإهليلجية، وغير مُنظمة.

مَجَرَّةُ حلزونيةٍ ن ج سر
٥١٩٤

المَجَرَّاتُ الحلزونية

تتألف المَجَرَّاتُ الحلزونية من نُجُومٍ قِيَّةٍ وهرمة. وهي قُرصية الشكل ذات أذرع حلزونية. وفي المَجَرَّات اللولبية العمودية، تنفرُّ الأذرعُ من طرفي عمودٍ عبر مركز المَجَرَّة.



جُرَّةٌ من خَسَدٍ مَجَرَّاتٍ السُّبُلَةِ اقرب قنورٍ مَجَرَّاتٍ رئيسيٍّ لِمجموعتنا المحليَّة.

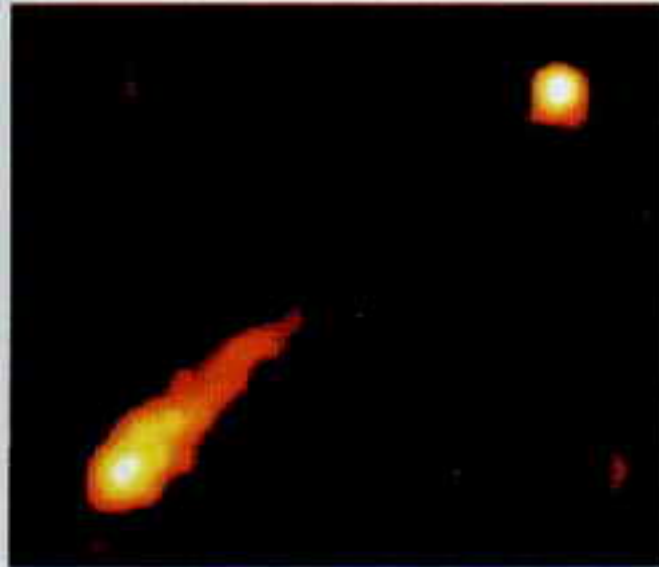


الأقناء المَجَرَّية

تنزعُ المَجَرَّاتُ إلى التراصُّ معًا، فتتشرُّعُ غيرُ الكونِ في حُشودٍ (أو مجموعات) قنوية. فَمَجَرَّةُ دُرَبُ التَّبانة مثلاً تقعُ ضمنَ حُشودٍ قنويٍّ يضمُّ حوالي ٣٠ مَجَرَّةً تُدعى المجموعة المحليَّة. وقد تتألفُ أقناءُ أخرى من آلاف المَجَرَّات، أو قد تحتشدُ جماعاتٍ في أقناءٍ عظمى.



صورةٌ بالراديو
لِكوازار ٣ سي ٢٧٣.
وقد لوحظَ أنَّ قَلْبَهُ (فوق
إلى اليسار) وذَيْلُهُ (تحت إلى اليمين)
مصدرانِ قويَّانِ لابتعاثاتِ الأمواجِ الراديويَّة.



الكوازارات (الكوازر)

عام ١٩٦٣، اكتشفت فئةٌ جديدةٌ من الأجرام تُسمَّى الكوازارات. وهي أجسامٌ شديدةُ التألُّقِ نائيةٌ جدًا، تسيرُ مُبتعدةً عنا بِسرعةٍ هائلة. ولا يزالُ الكثيرُ من أسرارها غامضًا؛ والمُعْتَقَدُ حاليًا أنَّها قُلُوبُ مَجَرَّاتٍ قِيَّةٍ جدًا.



المَجَرَّاتُ الإهليلجية

المَجَرَّاتُ الإهليلجية مجموعاتُ مُسطَّحةٍ كروية الشكل من نُجُومٍ هَرَمَةٍ (في أواخر أعمارها)؛ وهي أكثرُ أنواعِ المَجَرَّاتِ اتِّشَارًا في الكون.

٩٨ مَجَرَّةٌ إهليلجيةٌ قَطُرُها
٥٠٠٠٠ سنة ضوئية.



المَجَرَّاتُ غيرُ المُنتظمة

المَجَرَّاتُ غيرُ المُنتظمة هي التي لم تتخذْ شكلًا مُعيَّنًا؛ وهي نادرةٌ جدًا في الكون.

٨٢٨ مَجَرَّةٌ
غيرُ مُنتظمة.

دَرْبُ التَّبَّانَةِ

دَرْبُ التَّبَّانَةِ (أو الطريق اللَّبَنِيّ) مَجَرَّةٌ حلزونيةٌ تتَحَدُّ في وَسْطِهَا النُّجُومُ فَتُكْسِبُهَا أَنْفَاقًا مَرَكْزِيًّا تَتَشَعَّبُ مِنْهُ أَذْرُعٌ مِنَ النُّجُومِ، تَتَوَاجَدُ مِنْظُومَتُنَا الشَّمْسِيَّةُ فِي ذِرَاعٍ مِنْهَا. وَهَذَا يَعْنِي أَنَّنَا، مِنْ نِصْفِ الْكُرَةِ الْجَنُوبِيَّةِ لِلْأَرْضِ، نُوَاجِهُ مَرَكْزَ الْمَجَرَّةِ فِي حِينِ يُطَالِعُنَا طَرَفُهَا مِنْ نِصْفِ الْكُرَةِ الشَّمَالِيَّةِ. وَدَرْبُ التَّبَّانَةِ، كَسَائِرِ الْمَجَرَّاتِ، مُسْتَمِرَّةُ الْحَرَكَةِ لَيْسَ فَقَطْ كَمَجَرَّةٍ سَابِغَةٍ بِكَامِلِهَا فِي الْفَضَاءِ، بَلْ إِنَّ النُّجُومَ فِي دَاخِلِهَا أَيْضًا تَدُورُ بِاسْتِمْرَارٍ حَوْلَ مَرَكْزِ الْمَجَرَّةِ.

صورةٌ لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ مِنْ مَوْقِعٍ فِي نِيوزِيلَنْدَا



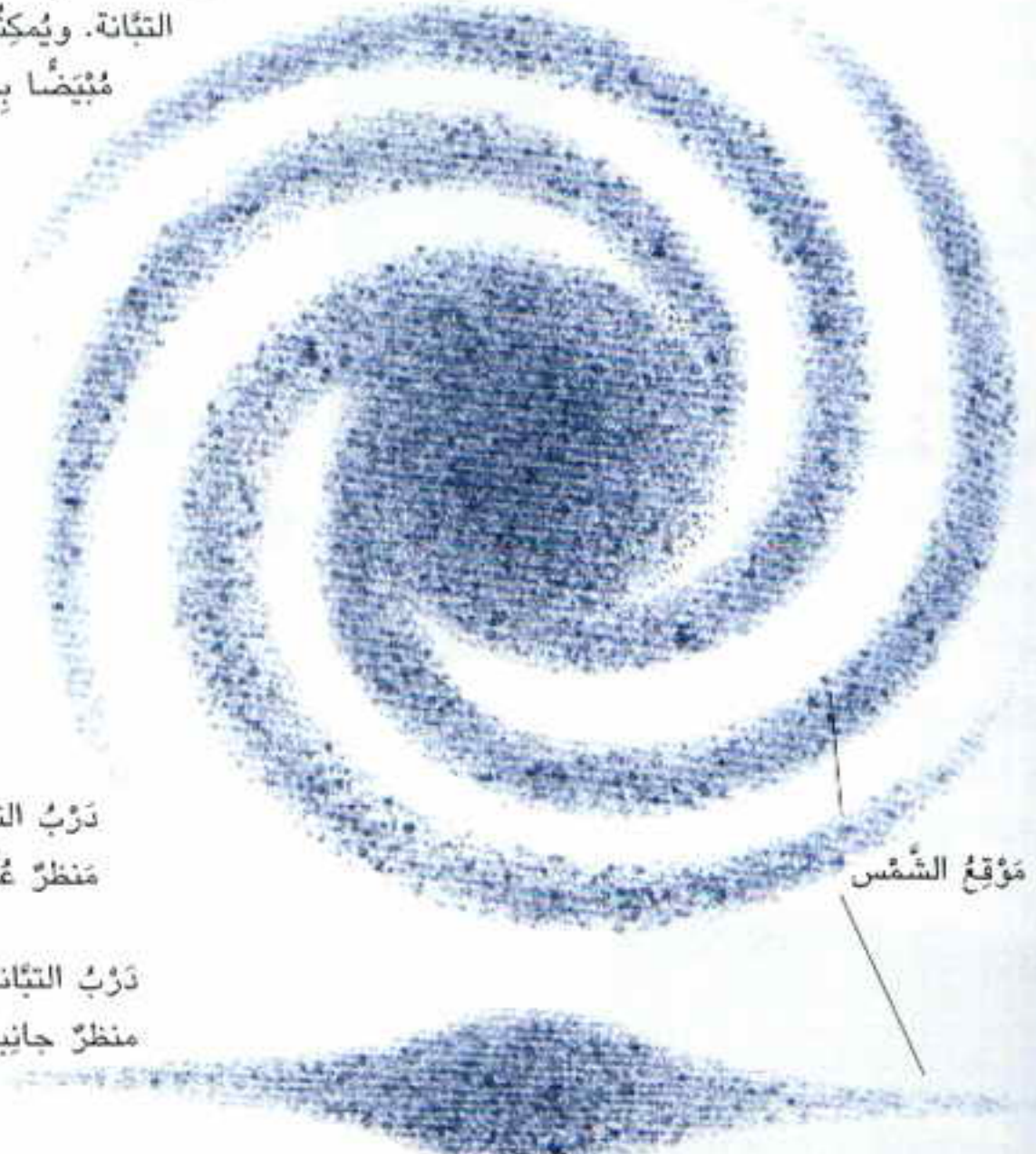
كُلُّ النُّجُومِ الَّتِي تَرَاهَا فِي السَّمَاءِ لَيْلًا تَنْتَمِي إِلَى ذَرْبِ التَّبَّانَةِ. وَيُمْكِنُكَ أَيْضًا مُشَاهَدَةُ الطَّرِيقِ اللَّبَنِيِّ مُبَيَّنًا بِضَوْءِ مَلَائِينَ النُّجُومِ فِي الْمَجَرَّةِ.

أَسْطُورَةُ ذَرْبِ التَّبَّانَةِ

سُمِّيَتْ ذَرْبُ التَّبَّانَةِ أَوْ الطَّرِيقُ اللَّبَنِيُّ كَذَلِكَ لِأَنَّهَا تَبْدُو، فِي سَمَاءِ اللَّيْلِ، كَتَرَشَاشِ اللَّبَنِ. فِي أَيَّامِ الْإِغْرِيقِ، قَبْلَ أَنْ يَتَعَرَّفَ النَّاسُ الْحَقَائِقَ الْفَلَكِيَّةَ عَنْ ذَرْبِ التَّبَّانَةِ، عَزَّتِ الْأَسَاطِيرُ نَشَاتَهَا إِلَى لَبَنِ ائْتَلَقَ بَيْنَمَا كَانَ هِرَقْلُ الْفَتَى يَرْتَوِي مِنْ تَذْيِ الْإِلَهِةِ هِيرَا.

لَا تَبْقَى النُّجُومُ فِي مَوْقِعٍ وَاحِدٍ دَاخِلَ الْمَجَرَّةِ. فَهِيَ، عَلَى مَدَى فَرَاتٍ زَمْنِيَّةٍ طَوِيلَةٍ، تَتَنَقَّلُ دَاخِلَ وَخَارِجَ الْأَذْرُعِ الْحَلْزُونِيَّةِ.

يَسْتَعْرِقُ الشَّعَاعُ الضَّوْثِيُّ ١٠٠٠٠٠٠ سَنَةً لِيَتَعَبَّرَ مِنْ أَحَدِ جَوَانِبِ الْمَجَرَّةِ إِلَى الْجَانِبِ الْآخَرِ.

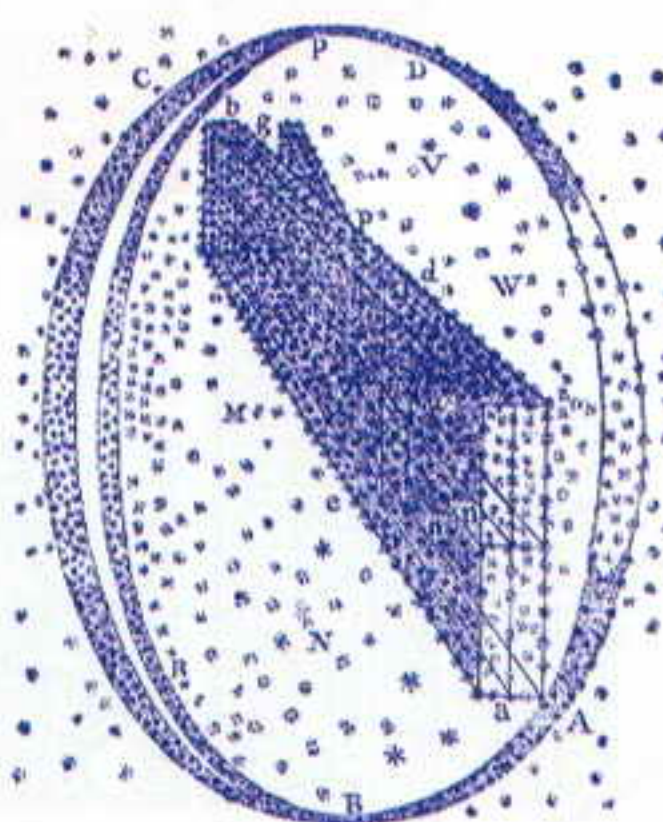


مَوْقِعُ الشَّمْسِ

تَسْتَعْرِقُ الشَّمْسُ حَوْلَ ٢٢٠ مِلْيُونِ سَنَةٍ لِتُكْمَلَ دُورَةُ وَاحِدَةٍ حَوْلَ مَرَكْزِ الْمَجَرَّةِ.

نَمُودَجُ هِرْشِل

فِي الْقَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَجَرَى الْفَلَكِيُّ الْبَرِيطَانِي، وَلِيَمُ هِرْشِل (١٧٣٨-١٨٢٢)، مَسْحًا لِلنُّجُومِ فِي ذَرْبِ التَّبَّانَةِ - حَيْثُ يُمَكِّنُ بِالْعَيْنِ الْمَجَرَّةَ رُؤْيَةً قُرَابَةً ٢٠٠٠ نَجْمٍ، أَمَّا بِوَسْطَةِ التِّلِسْكَوبِ فَيُمْكِنُ رُؤْيَ عِدَّةٍ مَلَائِينَ مِنَ النُّجُومِ - مِمَّا يَقُوقُ إِمْكَانِيَّةَ الْعَدِّ. وَقَدْ قَامَ هِرْشِلُ بِإِحْصَاءِ النُّجُومِ فِي مَنَاطِقٍ مُعَيَّنَةٍ، ثُمَّ عَمَّمَ مُعْدَلَاتِهَا عَلَى الْمَجَرَّةِ بِكَامِلِهَا فَحَقَّقَ بِذَلِكَ نَمُودَجًا دَقِيقًا نَوْعًا لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ. وَكَانَ مِمَّا ارْتَأَتْ هِرْشِلُ أَيْضًا أَنَّ بَعْضَ السُّدُمِ قَدْ تَكُونُ مَنْظُومَاتٌ نَجْمِيَّةٌ خَارِجٌ مَجَرَّتِنَا؛ وَهَذَا مَا تَبَيَّنَتْ صِحَّتُهُ بَعْدَ أَكْثَرِ مِنْ قُرْنٍ.



صُورَةُ بِالْأَشِعَّةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسَلَةِ. هَذِهِ الْأَشِعَّةُ تَسْتَعْرِقُ ٢,٢ مِلْيُونِ سَنَةٍ لِتَبْلُغَ الْأَرْضَ.

نَمُودَجٌ وَلِيَمُ هِرْشِلُ لِلنُّجُومِ فِي ذَرْبِ التَّبَّانَةِ

مَوْقِعُ الشَّمْسِ

تَقَعُ الشَّمْسُ فِي إِحْدَى الْأَذْرُعِ الْحَلْزُونِيَّةِ لِذَرْبِ التَّبَّانَةِ، عَلَى قُرَابَةِ ثُلَاثِي الْمَسَافَةِ مِنْ مَرَكْزِهَا؛ وَهِيَ مُجَرَّدُ نَجْمٍ وَاحِدٍ مِنْ حَوْلِ ٥٠٠٠٠٠٠ مِلْيُونِ نَجْمٍ تَوَلَّفَتِ الْمَجَرَّةُ. وَنَتَوَجَدُ النُّجُومَ أَيْضًا مَا بَيْنَ الْأَذْرُعِ الْحَلْزُونِيَّةِ؛ لَكِنَّ نَجُومَ الْأَذْرُعِ الْأَقْنَى وَالْأَكْثَرِ نَالِقًا هِيَ الَّتِي تُكْسِبُ الْمَجَرَّةَ شَكْلَهَا الْمُمَيَّزَ.

صُورَةُ لِلضَّوْءِ الْمُنْطَلِقِ مِنْ مَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسَلَةِ (٢٠٢٨)، الَّتِي هِيَ أَقْرَبُ الْمَجَرَّاتِ الرَّئِيسِيَّةِ إِلَى مَجَرَّتِنَا.

مُعَايِنَةُ الْمَجَرَّاتِ

لِلْحُصُولِ عَلَى صُورَةٍ أَكْثَرُ وَضُوحًا وَاكْتِمَالًا عَنِ الْكَوْنِ يَعْمَدُ الْفَلَكِيُّونَ إِلَى تَجْمِيعِ أَنْمَاطٍ أُخْرَى مِنْ إِشْعَاعَاتِهِ إِضَافَةً إِلَى الضَّوْءِ. فَالْمَنَاطِرُ بِالْأَشِعَّةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشِعَّةُ إِكْس) مَثَلًا، تَكْشِفُ مَنَاطِقَ الْفَاعِلِيَّةِ النَّشِيطَةِ الشَّدِيدَةِ الْحَرَارَةِ. وَتُظْهِرُ الْمَنَاطِرُ بِأَشِعَّةِ جَامَا مَنَاطِقَ أَنْطِلَاقِ الطَّاقَةِ بِالتَّغَاغُلَاتِ النَّوَوِيَّةِ. كَمَا يُمَكِّنُ بِالْأَطْوَالِ الْمَوْجِيَّةِ الْأُخْرَى تَحْدِيدَ مَنَاطِقِ تَرَكُّزِ غَازِ الْهَيْدُرُوجِينِ بَيْنَ النُّجُومِ، وَكَذَلِكَ مَنَاطِقِ الْغُبَارِ الْبَارِدِ.

صُورَةُ بِالْأَشِعَّةِ السَّيْنِيَّةِ لِمَجَرَّةِ الْمَرَاةِ الْمُسْتَلْسَلَةِ. قَلْبُ الْمَجَرَّةِ هُوَ الْمِنْطَقَةُ الْمُتَالِقَةُ فِي الْمَرَكْزِ (الْجَزْءُ الَّذِي يُطْلَقُ مُعْظَمُ هَذِهِ الْأَشِعَّةِ).

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْكَوْنُ ص ٢٧٤ ، النُّجُومُ ص ٢٧٨
- دُورَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الْكُوكِبَاتِ (الْأَبْرَاجِ) ص ٢٨٢
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- أَرَانُوسُ ص ٢٩٢
- تِّلِسْكَوبَاتُ الْفَضَاءِ ص ٢٩٨

النجوم

كُلُّ نجم من النجوم التي تراها في سماء الليل هو في الحقيقة كُرَّة هائلة مُدَوِّمة من الغاز المُضيء الشديد الحرارة. وتتماسك غازات النجم بفعل الجاذبية، كما إن مصدر طاقة النجوم هو «استيعار» تلك الغازات في تفاعل لا يشبه استيعار الفحم بل هو تفاعل أشد فاعلية وكفاية يُعرف بالاندماج النووي. إن كمية الغاز التي يتألف النجم منها مهمة جدًا، إذ إنها تحدّد جاذبيته ودرجة حرارته وضغطه وكثافته وحجمه. وتتواجد النجوم في مجرات تحوي الواحدة منها آلاف ملايين النجوم من أصنافٍ مختلفة. ولم يبدأ الفلكيون في تفهم طبيعة النجوم حقًا إلا خلال هذا القرن؛ وكان اهتمامهم قبلًا منصبًا على مواقعها.

أطياف النجوم

يستخدم الفلكيون معدات خاصة تجمع ضوء النجم ثم تُفرقه إلى طيف. ويتضمن طيف النجم خطوطًا مظلمة، تُدعى خطوط الامتصاص، تُبين العناصر المتواجدة في ذلك النجم. ولقد صنّفت الفلكية الأمريكية، آني جيمب كاثون وآخرون، أطياف آلاف النجوم في أنماطٍ مختلفة رَقَمُوا كُلَّ نمطٍ منها بحرفٍ ألفبائيًا، ثم أعيد ترتيبها بحسب درجة الحرارة السطحية فيها. والأنماط الرئيسية من الأشحن فالأبرد هي «O»، «B»، «A»، «F»، «G»، «K» و «M».

الفجوات، أو خطوط الامتصاص، في الطيف تُبين أنماط الضوء التي امتصها النجم. وهذا يُحدّد أنواع العناصر التي يتألف منها النجم.

يتحرك النجم القريب على خلفية من النجوم الأبعد كثيرًا. وكلما زاد تحركه كان، بالضرورة، أقرب إلى الأرض.



اختلاف المنظر

صَغُ إصبعك أمامك، وانظر إليها أولًا بعينك اليسرى فقط، ثم بعينك اليمنى فقط؛ فسَتَجِدُ أن إصبعك انزاحت من موقعها بالنسبة للخلفية وراءها. ويزداد هذا الانزياح كلما كانت الإصبع أقرب إليك. وهكذا يتخذ الانزياح قياسًا نوعيًا للمسافة بين الإصبع والعين. هذه الظاهرة، المعروفة باختلاف المنظر، يُمكن استخدامها على نطاقٍ أعظم كثيرًا لاحتساب أبعاد النجوم القريبة. وحيث إن الأرض تدور في مدارها حول الشمس، فسيبدو النجم وكأنه يتحرك ببطء على خلفية من النجوم الأبعد كثيرًا. وقياس زاوية اختلاف المنظر الحاصلة يُمكن تقدير المسافة بين النجم والأرض.

تحتوي أجهزة دراسة الطيف، كالمطياف مثلاً، مُشورات تُفَرِّق ضوء النجم إلى طيف يُمكن تحليله.

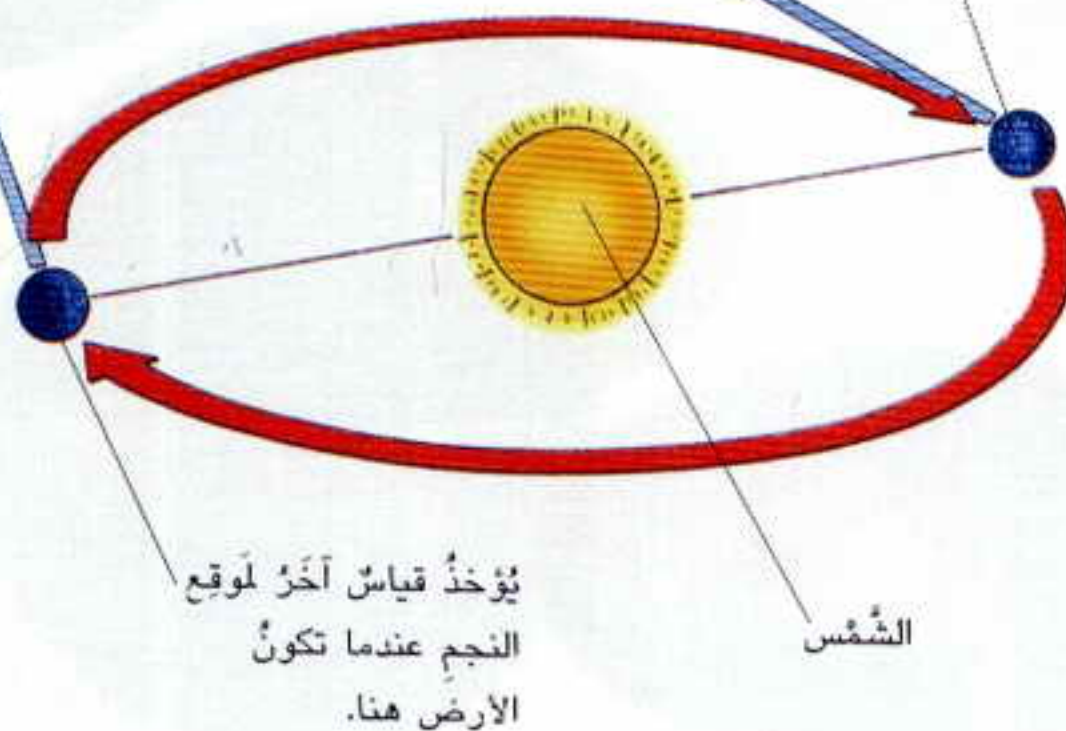


داخل النجم

معظم النجوم، كالشمس، تتألف بكاملها تقريبًا من غازين هما الهيدروجين والهيليوم، بالإضافة إلى كميات ضئيلة جدًا من عناصر أخرى. وينضغط الغازان بشدة هائلة في قلب النجم (مركزه) الذي يصبح كثيفًا جدًا وحرارًا جدًا - بحيث تجري فيه تفاعلات الاندماج النووي. فتتحد ذرات الهيدروجين لتُنتج الهيليوم، فيما تُنبعث طاقة هائلة بفقد الكتلة. وتنتقل هذه الطاقة من القلب إلى سطح النجم حيث تنطلق ضوءًا وحرارة.

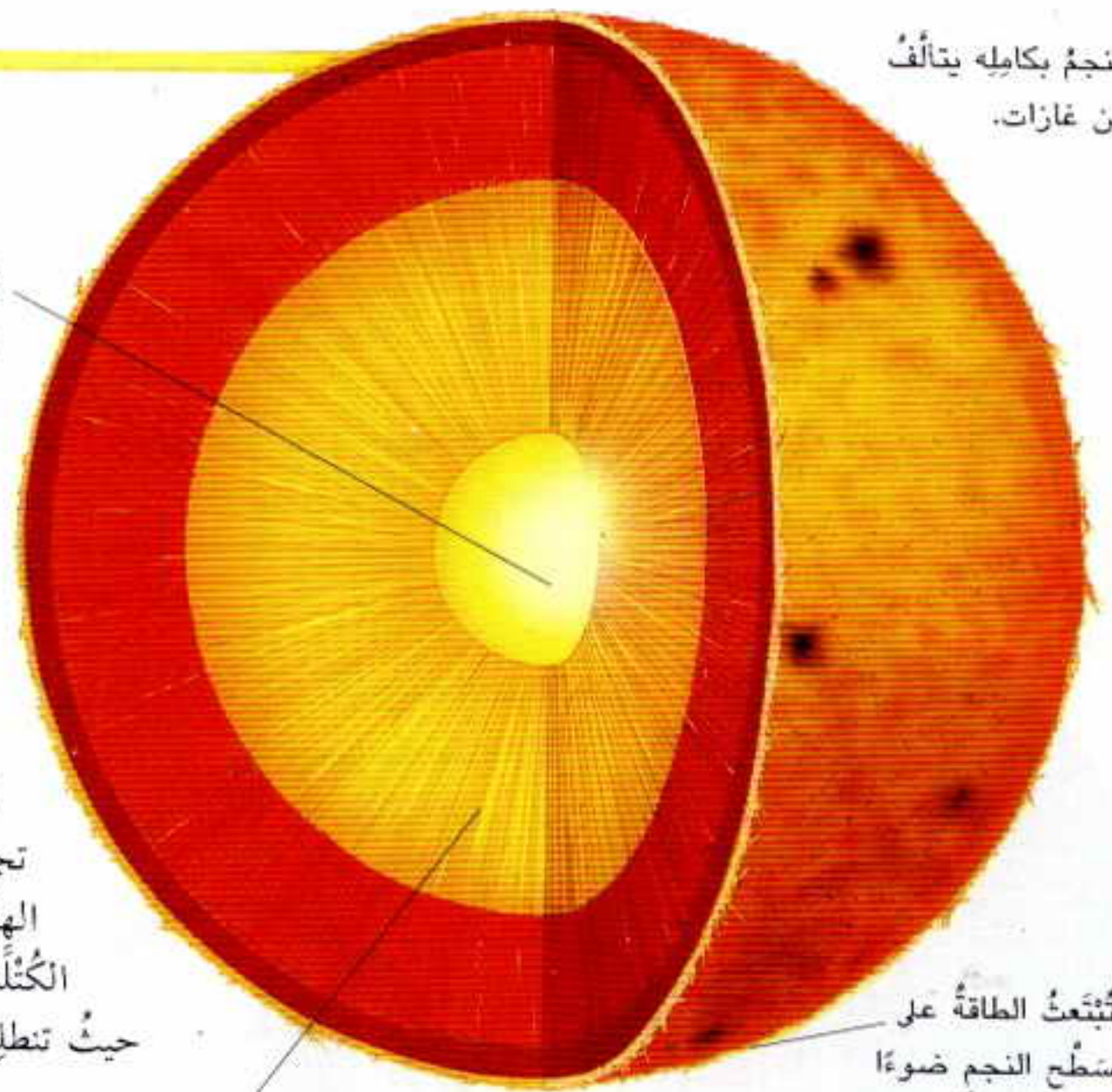
الطاقة المُنبعثَة من القلب تنتقل عبر النجم بالحرارة والإشعاع.

يؤخذ قياس لموقع النجم عندما تكون الأرض هنا.



تشد الجاذبية الغازات إلى الداخل، فيما يدفعها الضوء والضغط إلى الخارج. تُردّد درجة حرارة النجم وكثافته في اتجاه مركزه.

النجم بكامله يتألف من غازات.



سيسيليا باين چاپوشكين

في القرن التاسع عشر، بين الفلكي الإنكليزي، وليام هيجنز، أن النجوم تتألف من العناصر نفسها التي تتألف منها الأرض. لكن في العشرينيات من القرن العشرين برهنت الفلكية البريطانية، سيسيليا باين چاپوشكين (١٩٠٠-١٩٧٩)، أن النجوم تتألف في معظمها من الهيدروجين. كما اكتشفت أيضًا أن تركيب معظم النجوم مُتماثل. وكانت هذه اكتشافات عظيمة جعلتها رائدة في مجال الفيزياء الفلكية والنجمية (علم ودراسة العمليات الطبيعية والكيميائية في النجوم).



نُجُومُ الْمُتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ

النُّجُومُ في أعلى المُتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ كُتْلَةُ الواحدِ منها أَكْثَرُ من كُتْلَةِ الشَّمْسِ ٦٠ مَرَّةً، أَمَّا تِلْكَ الَّتِي في أَسْفَلِهَا فَكُتْلَةُ النِّجْمِ مِنْهَا $\frac{1}{17}$ من كُتْلَةِ الشَّمْسِ فَقَط.

هَذَا النُّجْمُ الْأَبْيَضُ الْمُرْزُقُ هُوَ مِنَ النَّمْطِ بِي «B»، حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حِوَالَى ٢٠٠٠٠°س.

النُّجُومُ الْبَيْضُ هِيَ مِنَ النَّمْطِ إِي «A» حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حِوَالَى ١٠٠٠٠°س.



قُنُوعُ عُلْبَةِ الْمُجَوَّهَرَاتِ

يَبْدُو مَعْظَمُ النُّجُومِ كَنِقَاطٍ نَبْرَةٍ فُضِّيَّةٍ فِي سَمَاءِ الْأَرْضِ؛ لَكِنْ يُمَكِّنُنَا رُؤْيَا اللَّوْنِ الْحَقِيقِيِّ لِبَعْضِ النُّجُومِ. هَذِهِ الْمَجْمُوعَةُ الْمُتَالِفَةُ الْمُتَعَدِّدَةُ الْأَلْوَانِ تُسَمَّى قُنُوعُ عُلْبَةِ الْمُجَوَّهَرَاتِ.

هَذَا النُّجْمُ الْأَبْيَضُ الْمُصْفَرُّ هُوَ مِنَ النَّمْطِ إف، حَيْثُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حِوَالَى ٧٥٠٠°س.



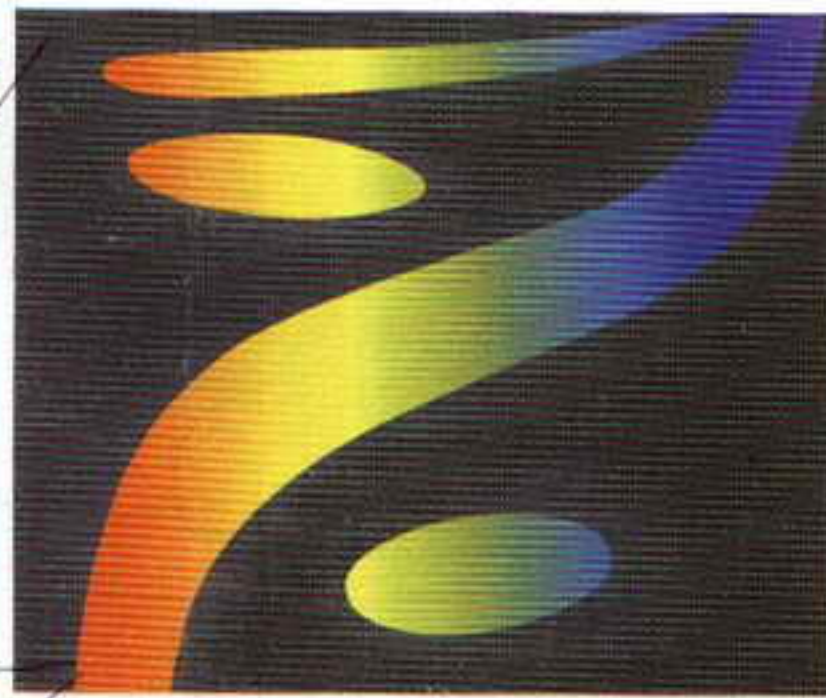
الْعَمَالِقَةُ الزُّرْقُ نُجُومٌ سَاطِعَةٌ جَدًّا وَحَارَّةٌ جَدًّا، وَهِيَ مِنَ النَّمْطِ أَوْ «O» حَيْثُ تَبْلُغُ دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ حِوَالَى ٣٥٠٠٠°س.

الْأَنْمَاطُ الطَّبِيعِيَّةُ النِّجْمِيَّةُ أَوْ، بِي، إِي، إف، جِي، كِي، إم (فِيْمَا سُمِّيَ لِاحْقًا تَصْنِيفَ هَارْفَرْد) ذَاتُ عِلَاقَةٍ بِلَوْنِ النُّجْمِ وَدَرَجَةِ حَرَارَتِهِ. فَالنُّجُومُ ذَاتُ النَّمْطِ أَوْ زُرْقٌ حَارَّةٌ، وَالنُّجُومُ ذَاتُ النَّمْطِ إم حَمْرٌ وَأَخْفَضُ حَرَارَةً.

نُجُومُ الْمُتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ

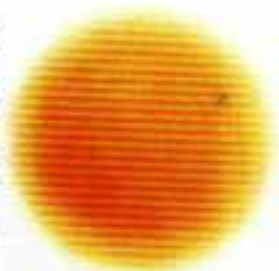
لَوْنُ النُّجْمِ يُعْطِي فِكْرَةً عَنْ دَرَجَةِ حَرَارَتِهِ السُّطْحِيَّةِ؛ فَالنُّجُومُ الزُّرْقُ حَارَّةٌ وَالنُّجُومُ الْحُمْرُ أَبْرَدُ نَوْعًا. وَإِذَا مَا رُسِمَ خَطٌّ بَيَانِيٌّ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ فِي مُقَابِلِ النُّصُوعِ الْمُطْلَقِ لِلنُّجْمِ، فَإِنَّ مَعْظَمَ النُّجُومِ تَقَعُ دَاخِلَ نَطاقِ ضَيِّقٍ يُسَمَّى الْمُتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ - أَيْ إِنَّهُ كُلَّمَا أَزْدَادَتْ حَرَارَةُ النُّجْمِ إِزْدَادَ نُصُوعُهُ. إِنَّ جَمِيعَ النُّجُومِ فِي الْمُتَوَالِيَةِ الرَّئِيسِيَّةِ هِيَ فِي فِتْرَةٍ مُسْتَقْبَرَةٍ مِنْ حَيَاتِهَا - أَيْ إِنَّ إِشْعَاعَهَا مُطَوَّرٌ مُسْتَمِرٌّ لِأَنَّ تَفَاعُلَاتِ انْدِمَاجِ الْهَيْدُرُوجِينِ فِي قُلُوبِهَا مُسْتَمِرَّةٌ. لَكِنْ عِنْدَمَا يُسْتَقْدَمُ الْوَقُودُ الْهَيْدُرُوجِينِي فَإِنَّ النُّجْمَ يُغَادِرُ الْمُتَوَالِيَةَ الرَّئِيسِيَّةَ. وَيُلَاحَظُ أَنَّ النُّجُومَ الْأَعْظَمَ كُتْلَةً تُغَادِرُ الْمُتَوَالِيَةَ بِسُرْعَةٍ أَزِيدُ مِنَ الْأَقْلَى كُتْلَةً.

نُجُومٌ سَاطِعَةٌ
مِقْدَارُ النُّصُوعِ
الْمُطْلَقِ



نُجُومٌ زُرْقٌ حَارَّةٌ دَرَجَةُ حَرَارَةِ السُّطْحِ نُجُومٌ حَمْرٌ بَارِدَةٌ
الْخَطُّ الْبَيَانِيُّ يُدْعَى مِخْطَاطُ هِرْتزسپرنج - رَايسِل، يَشْبَهُ إِلَى الْفَلَكِيَّيْنِ، إِنْجِرْ هِرْتزسپرنج الدَانِمَرِكِي، وَهَنْرِي نَوْرِس رَايسِل الْأَمْرِيكِي، الَّذِينَ وَضَعَاهُ عَامَ ١٩١٣.

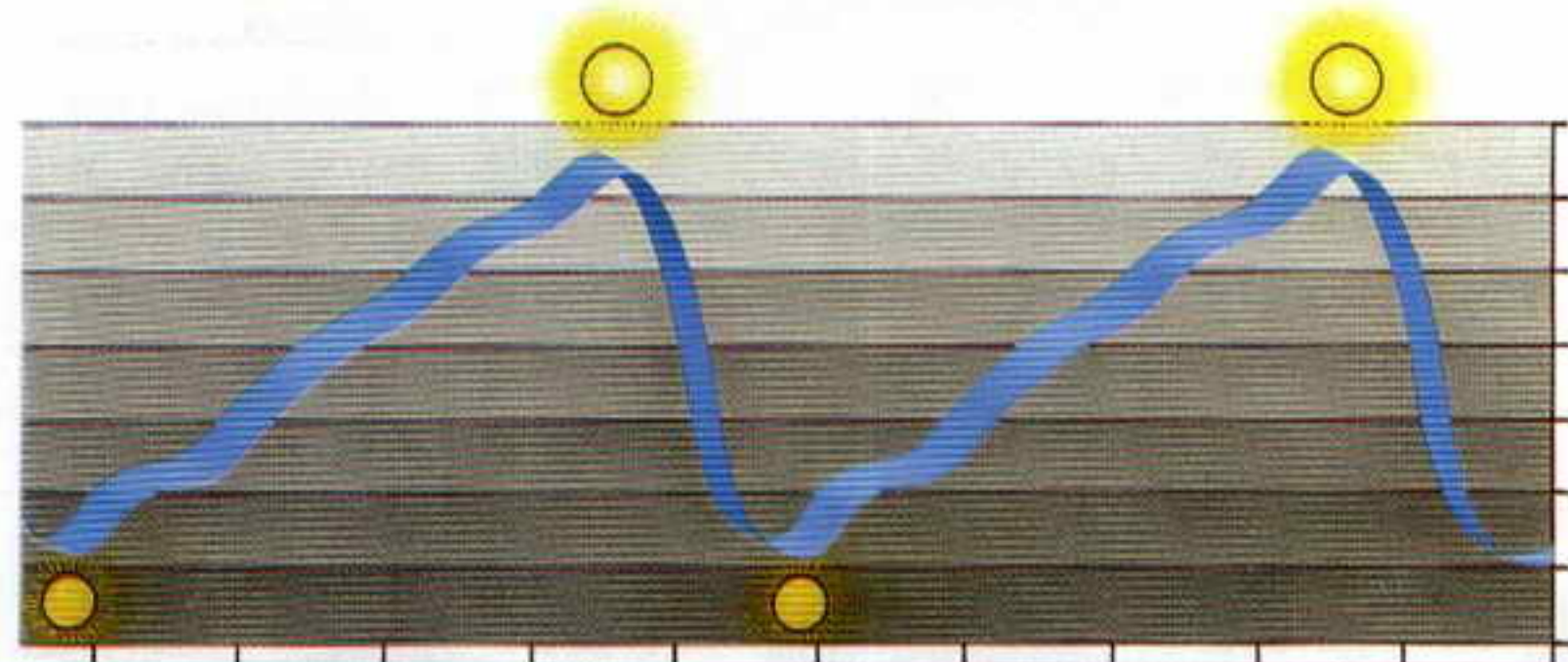
هَذَا النُّجْمُ الْأَصْفَرُ يُشْبِهُ شَمْسِنَا - وَهُوَ نَجْمٌ مِنَ النَّمْطِ جِي، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ حِوَالَى ٦٠٠٠°س.



هَذَا النُّجْمُ الْبُرْتُقَالِيُّ مِنَ النَّمْطِ كِي، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ ٤٧٠٠°س.



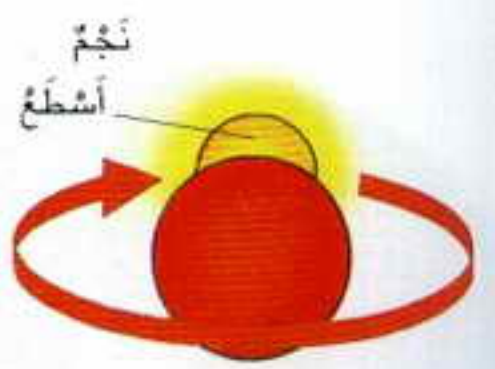
هَذَا النُّجْمُ الصَّغِيرُ جَدًّا هُوَ قَرَمٌ أَحْمَرٌ خَافِتٌ بَارِدٌ نَوْعًا مِنَ النَّمْطِ إم، وَتَبْلُغُ دَرَجَةُ حَرَارَتِهِ حِوَالَى ٣٠٠٠°س.



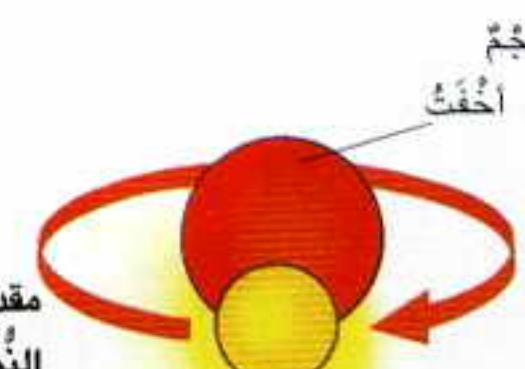
الزَّمَنُ
هَذَا الْمِخْطَاطُ يُبَيِّنُ تَغْيِيرَ نُصُوعِ نَجْمٍ قِيَاوِيٍّ مَعَ الزَّمَنِ.

النُّجُومُ الْمُتَغَيِّرَةُ

بَعْضُ النُّجُومِ يَتَغَيَّرُ نُصُوعُهَا، وَهَذِهِ النُّجُومُ مُخْتَلِفَةٌ الْأَصْنَافِ. بَعْضُهَا، مِثْلًا، الْمُسَمَّاةُ نَجُومُ الْفِيثَارَةِ «آرَار» يَتَغَيَّرُ نُصُوعُهَا فِي أَقَلِّ مِنْ يَوْمٍ؛ بَيْنَمَا أُخَرُ مِنَ النُّجُومِ الْقِيَاوِيَّةِ تَسْتَعْرِقُ مَا بَيْنَ الْيَوْمِ وَالْمِئَةِ يَوْمٍ لِتَتَغَيَّرَ. وَهَنَّاكَ نَجُومٌ أُخَرَى، تُدْعَى مُتَغَيِّرَاتٍ مِيرَا، قَدْ تَسْتَعْرِقُ حَتَّى السَّنِينَ لِتُكْمَلَ دَوْرَةُ تَغْيِيرِهَا. وَجَدِيرٌ بِالذِّكْرِ أَنَّ تَغْيِيرَ نُصُوعِ النُّجُومِ الْقِيَاوِيَّةِ عَائِدٌ إِلَى تَغْيِيرٍ فِي طَبِيعَتِهَا - حِجْمًا وَدَرَجَةَ حَرَارَةٍ. فِيهِ تَبْتَدِعُ ضَوْءًا أَشَدَّ فِي حَالِ تَمَدُّدِهَا، وَأَخْفَتُ فِي حَالِ تَقْلُّصِهَا. وَالنُّجُومُ لَا تَسْلُكُ هَكَذَا دَائِمًا - إِنَّمَا هُوَ السَّلُوكُ الطَّبِيعِيُّ لِنَجْمٍ عَادِيٍّ يَمُرُّ بِمَرَحَلَةِ الْإِلَاسْتِقْرَارِ فِي أَوَاخِرِ حَيَاتِهِ!



فِي هَذَا الْوَضْعِ، تَبْدُو الْمَنْظُومَةُ الثَّنَائِيَّةُ، مِنَ الْأَرْضِ، خَافِتَةً لِأَنَّ النُّجْمَ الْأَخْفَتَ يَحْجُبُ النُّجْمَ الْأَسْطَعُ.



هِنَا تَبْدُو الْمَنْظُومَةُ الثَّنَائِيَّةُ، مِنَ الْأَرْضِ، سَاطِعَةً لِأَنَّ النُّجْمَ الْأَسْطَعُ يَقَعُ أَمَامَ النُّجْمِ الْأَخْفَتِ.

الثَّنَائِيَّاتُ الْكُسُوفِيَّةُ

يُسَمَّى قَرَابَةُ نِصْفِ النُّجُومِ فِي الْكَوْنِ إِلَى نِظَامِ الثَّنَائِيَّاتِ حَيْثُ يَدُورُ نَجْمَانِ الْمَنْظُومَةِ الثَّنَائِيَّةِ وَاحِدُهُمَا حَوْلَ الْآخَرِ. وَقَدْ يَكُونُ النِّجْمَانِ مُتَقَارِبَيْنِ بَحَيْثُ يَكَادَانِ يَتَمَاَسَّانِ، أَوْ مُتَبَاعِدَيْنِ تَفْصِيلُهُمَا مِلَايِينَ الْكِيلُومِتَرَاتِ. وَيُمَكِّنُنَا كَشْفُ الْمَنْظُومَاتِ الثَّنَائِيَّةِ بِطُرُقٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَإِذَا نَسَكْنَا مِنْ رُؤْيَا الْمَنْظُومَةِ الثَّنَائِيَّةِ جَانِبِيًّا مِنَ الْأَرْضِ، نَلَحَظُ بُوضُوحَ تَغْيِيرَاتِ النُّصُوعِ كُلَّمَا مَرَّ أَحَدُ النِّجْمَيْنِ دَوْرِيًّا أَمَامَ الْآخَرِ حَاجِبًا نُورَهُ كُلِّيًّا أَوْ جُزْئِيًّا. هَذِهِ الثَّنَائِيَّاتُ تُسَمَّى الثَّنَائِيَّاتِ الْكُسُوفِيَّةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ ص ١٣٦
- مَصَادِرُ الضَّوْءِ ص ١٩٣
- الْإِنْكِسَارُ ص ١٩٦
- الْمَجَرَّاتُ ص ٢٧٦
- دَوْرَةُ حَيَاةِ النُّجُومِ ص ٢٨٠
- الشَّمْسُ ص ٢٨٤
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨

دورة حياة النجوم

لا شيء في الكون يبقى إلى الأبد على حاله، ولا تستثنى من ذلك النجوم. لكن لا يمكننا رؤية نجم يتغير، لأنه يُعمر بلايين وبلايين السنين. إن منشأ النجوم كلها هو سحب الغاز والغبار التي كانت قد تكونت ببطء من الذرات المتناثرة بضالة في الفضاء. وهي تولد جماعات، يتفرق معظمها، ويبقى بعضها الآخر متصافاً بفعل الجاذبية. ويعتمد تالي حياة النجم على عظم كتلته، فكلما ازدادت كتلته ازدادت سرعة استهلاكه لوقوده الهيدروجيني، وغدت حياته أقصر وأعصف. بعض النجوم تبلغ من عظم الكتلة بحيث سرعان ما تتفجر؛ لكن غالبيتها، كما شمسنا، تنعم بفترة استقرار من حياتها تسطع فيها بأطوارٍ مستمرة.

مراحل في حياة النجم

بدأت الشمس حياتها ضمن مجموعة من النجوم، لكنها الآن نجم مستقل بذاته. وتُمثل الصور المرفقة مراحل حياة الشمس منذ نشأت كنجم بدائي من سديم غازية إلى حاضرها اليوم كنجم ساطع مستقر ثم استمراراً إلى احتضارها مستقبلاً كقزم أبيض. إن النجوم الأعظم كتلة من الشمس والأشد حمواً تستنفذ وقودها بسرعة أكثر كثيراً، لذا فهي لا تقضي من أجلها إلا جزءاً ضئيلاً نسبياً كنجم ساطع مستقر.

نجم بدائي
نجم من نمط
نجوم كوكبية
الثور «ت»

سديم
تولد النجوم الجديدة من سحب
الغاز والغبار مستمر على الدوام.

تتقبض أجزاء من السديم بفعل الجاذبية؛
ويصبح كل جزء أشد كثافة في مركزه، حيث
تختبئ الحرارة، ليكوّن نجماً بدائياً.

عندما تبلغ حرارة النجم البدائي حدًا كافياً، تبدأ فيه
تفاعلات الاندماج النووي، وتنبعث الطاقة. ويخضع النجم لنمط
نجوم الثورات المتغيرة، فيما تتناثر بقية السديم.

تشد الجاذبية
ذرات الهيدروجين في
الشمس نحو المركز حيث
تتصادم وتتدمج لتكوّن الهليوم -
مُنبعث طاقة عظيمة، فيما يبقي ضغط
المركز النجم مُتمدداً. وهذه هي الفترة المستقرة من حياة
النجم حين يُصنّف بين نجوم المتوالية الرئيسية.

نجم
المتوالية الرئيسية

يزداد سطوع النجم
وضيائته كلما ازداد
قلبه كثافة وحمواً.

يقضي نجم كالشمس مدة ١٠ بلايين سنة كنجم
من نجوم المتوالية الرئيسية. وتعد الشمس الآن
في منتصف حياتها في هذه المتوالية.

قنؤ نجوم الثريا

أقناء النجوم

تتحشد داخل مجرة درب التبانة أقناء نجمية - علماً أن
نجوم كل قنؤ تنشأ من سحابة واحدة - أي إن عمرها واحد وتركيبها الأولي
متماثل. هنالك نمطان من الأقناء - المبعثرة والكروية. يضم القنؤ المبعثر
بضع مئات من النجوم العشوائية الترتيب، وتواجد هذه الأقناء في الأجزاء
الخارجية (القرص المسطح) من مجرتنا. أما الأقناء الكروية فيحوي القنؤ
منها مئات الآلاف من النجوم البالغة القدم في نسق كروي؛ وتوجد هذه
الأقناء في الكرة الضخمة حول مركز مجرتنا.

- أقناء (حشد) مُنتشرة
من النجوم الناشئة
- أقناء من النجوم
المتوسطة العمر
- أقناء كروية من
النجوم القديمة

قنؤ مبعثر

الثريا قنؤ مبعثر من
النجوم الفتية (والفتية
في مصطلحات
النجوم تعني أن
عمرها حوالي ٦٠
مليون سنة) تتشبه على
مدى ٣٠ سنة ضوئية في
الفضاء. يبدو قنؤ الثريا للعين
المجردة كبقعة ضوئية ضبابية تبرز من
بينها سبعة نجوم نيرة؛ أما بواسطة مقراب
قوي فيمكننا مشاهدة أجرام أكثر بكثير من
نجومه الضاربة إلى الزرقة، إضافة إلى سحب الغاز
والغبار التي تعلقت فيها تلك النجوم.

قنؤ كروي

تتألف الأقناء الكروية من نجوم بالغة
القدم يُعتقد أنها نشأت في
الزمن نفسه كالمجرات
التي تحتويها. لذا يُمكن
أن تُوفر هذه الأقناء
الكروية معلومات
عن مراحل الحياة
الأولى لدرب التبانة.
قنؤ نجوم الطوقان
٤٧ هذا، يرى بالعين
المجردة من نصف الكرة
الجنوبي للأرض.

قنؤ نجوم
الطوقان ٤٧

النجوم النيوترونية

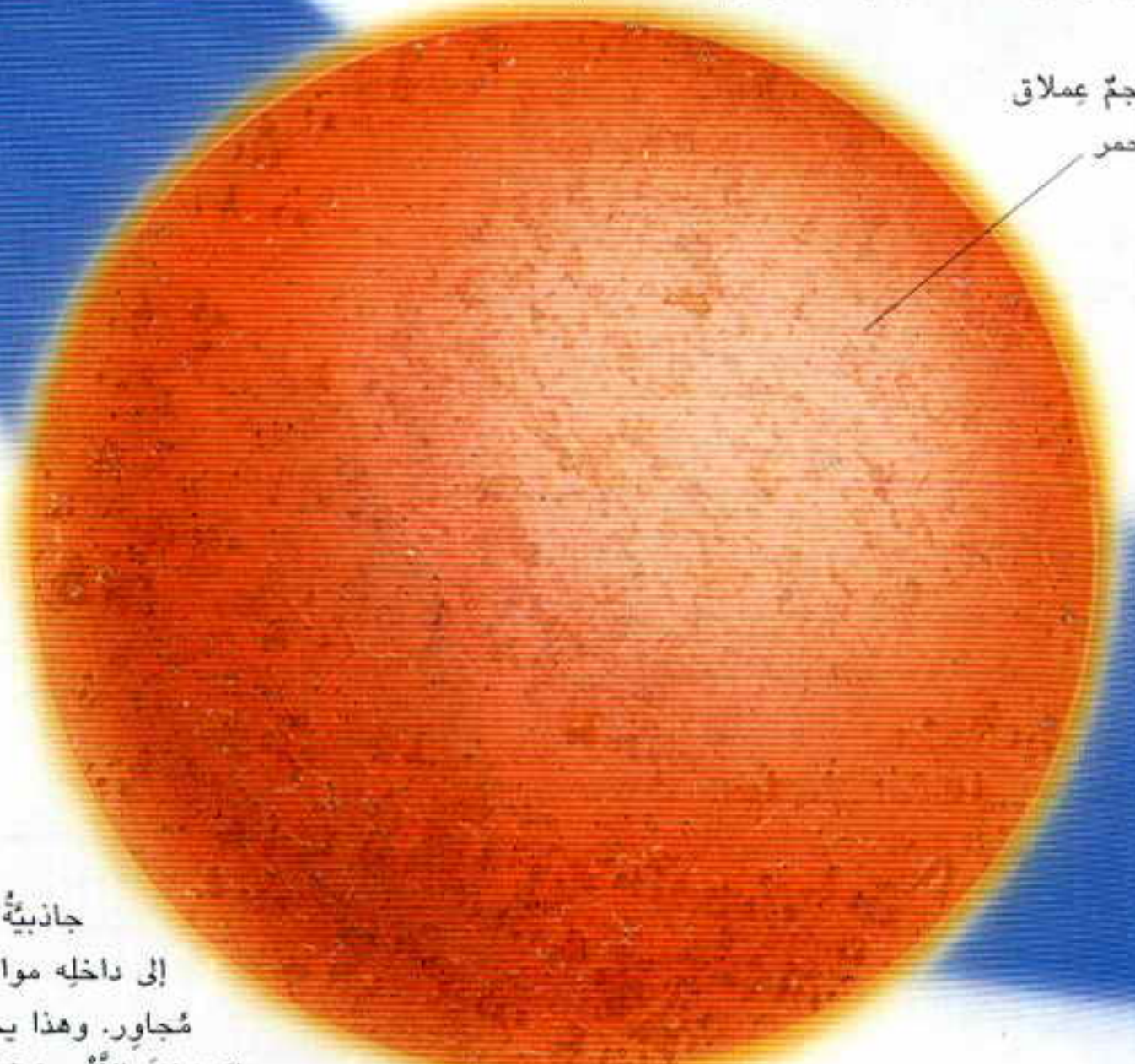
عندما يتقبض نجم، كتلته بين ١,٤ و ٣ مرات كتلة الشمس، يخلّف وراءه قلباً يدعى نجماً نيوترونياً. ويبلغ غُثُفُ التَقَبُّض حدّاً يجعل إلكترونات الذرات تندمج مع بروتوناتها لتكوّن نيوترونات؛ وتتراصّ مادة النجم كلّها في كرة كثافتها تفوق التصوّر، يبلغ قطرها حوالي ١٠ كم، تبتعث طاقة عظيمة. والبلّسار هو نجم نيوتروني يدوم بسرعة مبدئية نبضات ضوئية نحو الأرض (كالمنارة). وكان الفلكيَّان البريطانيان، جوسلين بريل وأنطوني هيوش أوّل من اكتشف البلّسارات عام ١٩٦٧.



نجم
قيفاوي

في العام ١٠٥٤، سجّل الصينيون ظهور نجم، ممّا يدعى اليوم مُتَجَدِّداً أعظم، كان من شِدَّة السطوع بحيث يُرى في ضوء النهار. وتشاهد بقايا تفجّر هذا النجم حالياً في سديم السرطان، وقد غدا قلبه بلّساراً يدوم ٣٠ مرّة في الثانية.

نجم
عملاق
أحمر



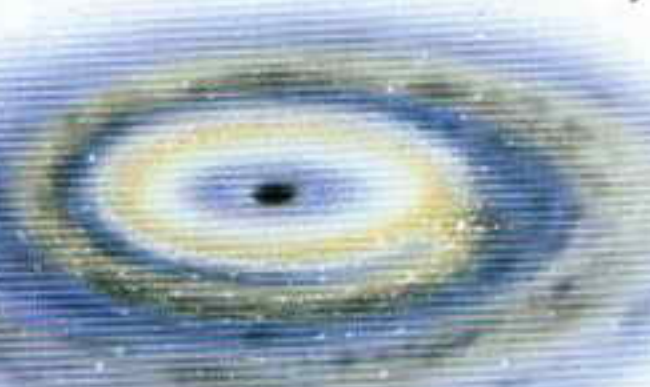
استنفذ الهيدروجين، لكن حرارة المركز الآن هي من الشدّة بحيث يتمدّد النجم - بينما يبرّد سطحه مُتَحَوِّلاً إلى نجم أحمر يدعى عملاقاً أحمر.

تبدأ في
الهليوم المتبقي
تفاعلات الاندماج
النووي مُكوّنة
الكربون، ويدعى
النجم حينئذٍ
نجماً قيفاوياً،
وهو يتقلّص
ويتمدّد
باستمرارٍ فاقدًا
الطبقات الخارجية
من المادة فيه.

يزداد سطوع النجم
المتفجّر ملايين المرات على
مدى أسابيع وأشهر، فيبدو
مُتألّقاً في السماء كنجم مُتجدّدٍ أعظم.

جاذبيّة الثقب الأسود الهائلة تشحب

إلى داخله موادّ من نجم
مجاور. وهذا يجعل
اكتشاف الثقب مُمكنًا.
فالوادّ المدوّمة أثناء
دخولها الثقب تُصبح
حارّة جدًّا، وتبتعث
أشعّة سينيّة يُمكن كشفها.

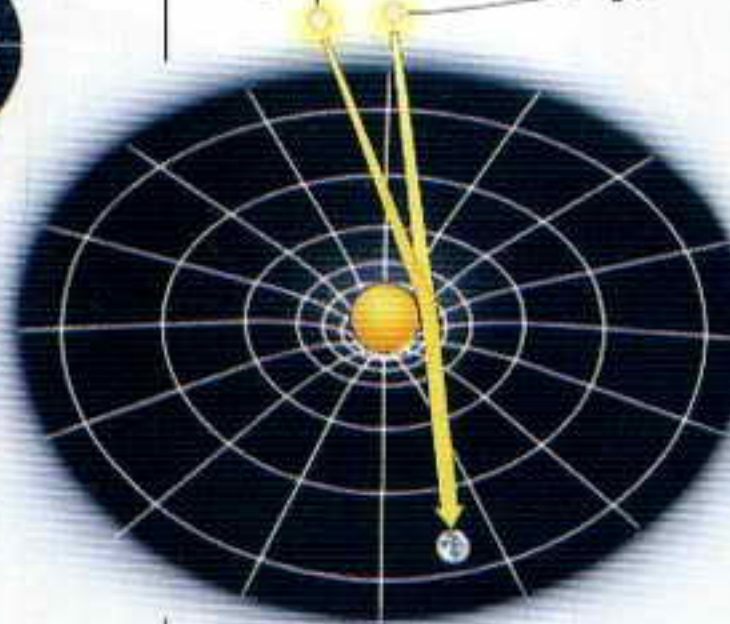


يُحنى الضوء بقدر كبير حول الثقب
الأسود - فلا يستطيع الإفلات.



يبدو النجم كأنه في موقع
مُختلف عن موقعه الحقيقي لأنّ
ضوءه انحنى بتأثير الشمس.

موقع النجم
الظاهري



نظرية النسبية العامة

في العام ١٩١٥، نشر ألبرت أينشتاين نظريته المثيرة حينئذٍ والشهيرة حالياً باسم نظرية النسبية العامة. وهي تقدّم مفهومًا مُختلفًا تمامًا حول الجاذبيّة باعتبارها خاصّة فضائيّة لا قوّة تجاذب بين الأجسام. فالأجسام الماديّة تُقوّس الفضاء كما يُقوّس ثقل شبكة «الترامبولين»، وهكذا «تسقط» الأجسام نحو أجسام أخرى؛ حتّى الضوء «يسقط» في الفراغ المُقوّس حول جسمٍ ما فيحنى مساره. وقد وُضعت هذه النظرية الغريبة على المحكّ أثناء كُسوفِ الشّمس عام ١٩١٩ حين رُصدَ عمليًّا انحناء أشعّة الضوء من نجم بعيدٍ بفعل جاذبيّة الشّمس - لقد كان أينشتاين على حقّ!

الثقوب السوداء

تُعْثري النّجم الذي تزيد كتلته على ثلاثة أضعاف كتلة الشّمس أحداثٌ غريبة. ففي نهاية حياته، يتقبّض النجم مُتراصًّا أكثر فأكثر وتترايد كثافته أكثر فأكثر حتّى لا يستطيع الإفلات من جاذبيّته شيء حتّى الضوء. وهكذا يصبح ثقبًا أسود ذا مُفْرَدِيّة (نقطة لامتناهية الكثافة) في مركزه.

الأجسام الماديّة تُقوّس الفضاء حسبَ نظريّة النسبيّة العامّة. ولو كان الجسم الماديّ الكونيّ هائل الكثافة (بتراسٍ كميّة كبيرة من المادّة في حيزٍ صغير)، فقد يَمُطّل الفضاء إلى هاويةٍ سحيقة - كنقطةٍ أسودٍ كبير.

لمزيد من المعلومات انظر

- البنية الذريّة ص ٢٤
- الجاذبيّة ص ١٢٢
- الطاقة النوويّة ص ١٣٦
- أصل الكون ص ٢٧٥
- المجرات ص ٢٧٦
- النجوم ص ٢٧٨
- الشّمس ص ٢٨٤

الكوكبات (الأبراج)

النقاط الضوئية المتألثة في سماء الليل تبدو جميعها متماثلة للوهلة الأولى. منذ آلاف السنين، قسّم الفلكيون القدامى النجوم إلى مجموعات تمثلوها في صور خيالية، كصور العقرب والدب والأسد، بحيث يسهل استذكارها - وهكذا وُلد نظام الكوكبات المعروف. الواقع أنه لا علاقة بين نجوم الكوكبة الواحدة، فهي تبدو في أشكالها ومجموعاتها تلك فقط عندما يُنظر إليها من الأرض. والنجوم كلها بعيدة جدًا بحيث تبدو في مدى البعد نفسه، وهي تتحرك معًا كأنها ملصقة داخل طاس هائل - هو الكرة السماوية.



مسارات النجوم

تبدو النجوم، من الأرض، وكأنها تدوم حول نقطتين وهميتين في السماء - هما القطبان السماويان الشمالي والجنوبي. الصورة أعلاه تظهر مسارات النجوم في سماء الليل من آثارها الضوئية.

الأرض داخل «الكرة السماوية»

تبدو الشمس من الأرض في مسارٍ ظاهري سنوي على خلفية من النجوم، ويطلق على كوكبات النجوم في هذه الخلفية دائرة البروج.

تُستخدم أنماط النجوم وأوضاعها في الملاحة (فنجم القطب يُحدد القطب الشمالي للأرض) كما في التقاويم (فمن الأرض تُشاهد أبراج مختلفة من النجوم خلال السنة، أثناء دوران الأرض حول الشمس).

بعض الخرائط النجمية القديمة كانت تقنّية أكثر منها علمية.

الجبار

الجبار كوكبة تسهل مشاهدتها في صورة مُحارب تُحدد كتفها ورُكبتيه أربعة نجوم ساطعة، وتُميّز جزائه ثلاثة أخرى، دونها نجم آخر (سديم الجبار) يُمثل سيفه.

تصنيف النجوم

يستخدم الفلكيون منظومة، متفقًا عليها دوليًا، تضم ٨٨ كوكبة - تُعرف اثنتا عشرة منها بدائرة البروج. وهذه تُشكل الستارة الخلفية لحركات الكواكب السيارة والقمر والشمس. وتُميّز النجوم المُختصة داخل إحدى الكوكبات بحرف من الأبجدية اليونانية فيرقم النجم الأكثر سطوعًا ألفا، والتالي بيتا، وهكذا دواليك.

القدر - قياس النُصوع

يستخدم الفلكيون أرقامًا في تقدير نُصوع النجوم. فمقياس القدر الظاهري لا يصف نُصوع النجم على حقيقته، بل كيف يبدو ذاك النُصوع من الأرض. وكلما ازداد الرقم المُعطى للنجم ازداد خفوته. والنجوم ذات قدر النُصوع من ١ إلى ٦ يمكن رؤيتها بالعين المُجرّدة.



خريطة نجمية حديثة.



الخرائط النجمية

الخرائط النجمية القديمة حشدت السماء الشمالية بالحيوانات والأشكال الأسطورية. ومع ازدياد حركة الملاحة جنوبًا صار بالإمكان تخطيط المزيد من السماء. وبظهور التلسكوبات وتطور تقنيات الرصد تحددت مواقع النجوم بدقة متزايدة. وتلاشى، أوكاد، إنتاج الخرائط التي تُبرز الأبراج قُبًا. وبدأ لاحقًا إعداد الخرائط الفلكية فوتوغرافيًا بواسطة الحواسيب. واليوم تخطط السوائل مواقع النجوم بدقة وسرعة فائقتين.



لمزيد من المعلومات انظر

- الكون ص ٢٧٤
- النجوم ص ٢٧٨
- دورة حياة النجوم ص ٢٨٠
- علم الفلك ص ٢٩٦
- التلسكوبات الأرضية ص ٢٩٧
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

النظام الشمسي

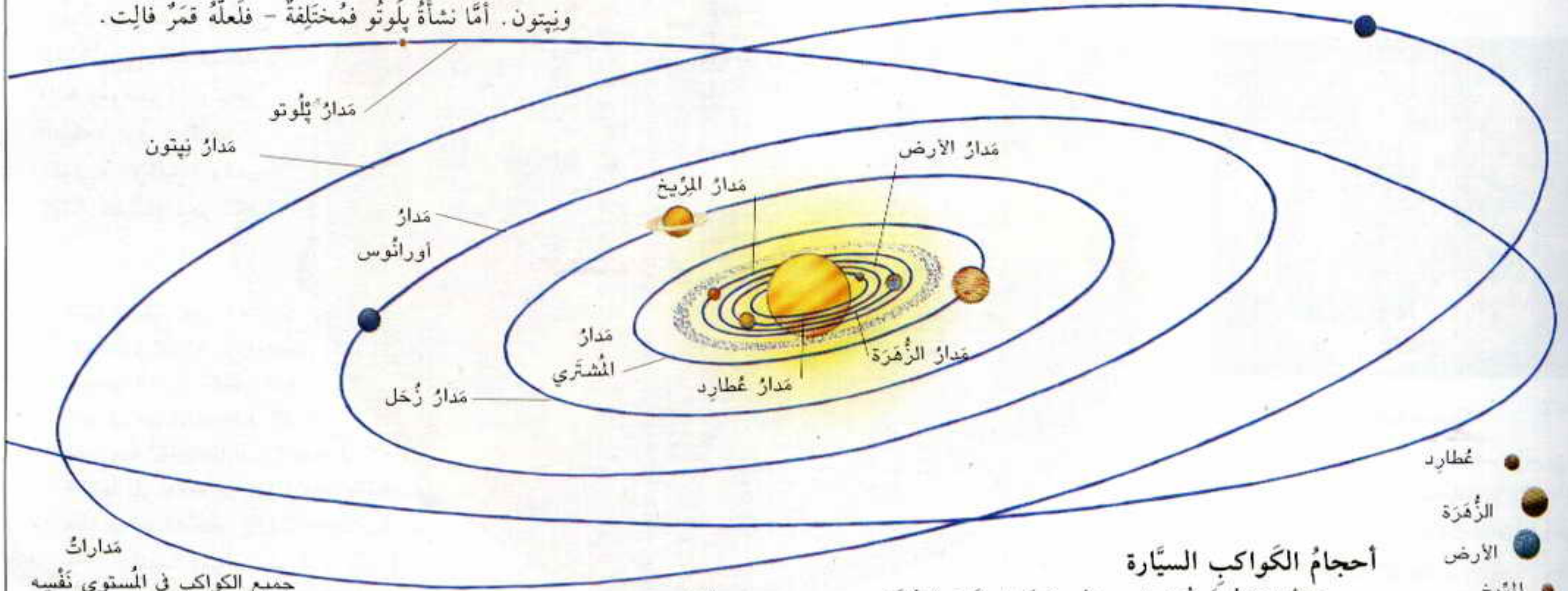
منذ ملايين السنين تَشَّاتْ عائلَةٌ من الكواكب السَّيَّارة في مَدَارَاتِ حَوْلِ الشَّمْسِ، وهي مع الشمس تُولَّفُ ما يُعرفُ بالنظام الشمسي. ويضمُّ هذا النظام الفلكي، الممتدُّ على مدى ١٢٠٠٠ مليون كم في الفضاء، أيضًا، الكويكبات (السَّيَّارات الصغيرة بين مَدَارَي المَرِخِ والمُشْتَرِي) والمذنبات والأقمار (الأجسام الدائرة حَوْلَ الكواكب السَّيَّارة) والغبار بين الكواكب. والشمس هي الجرمُ المهيمنُ في هذا النظام - إذ تشكِّلُ أكثرَ من ٩٩ بالمئة من كتلته الإجمالية. قديمًا اعتُبرَ هذا النظامُ مركزَ الكونِ والجزء الأكبر منه. لكننا نعلم اليوم أن نظامنا الشمسي ما هو إلا بقعة هائلة الضالة بالمُقارَنة مع بقية الكون.

اكتشف الفلكيون تُلُفًا من الغاز والغبار حَوْلَ بعض النجوم الفتية، مما يعني إمكانية وجود أنظمة فلكية كواكبية أخرى.



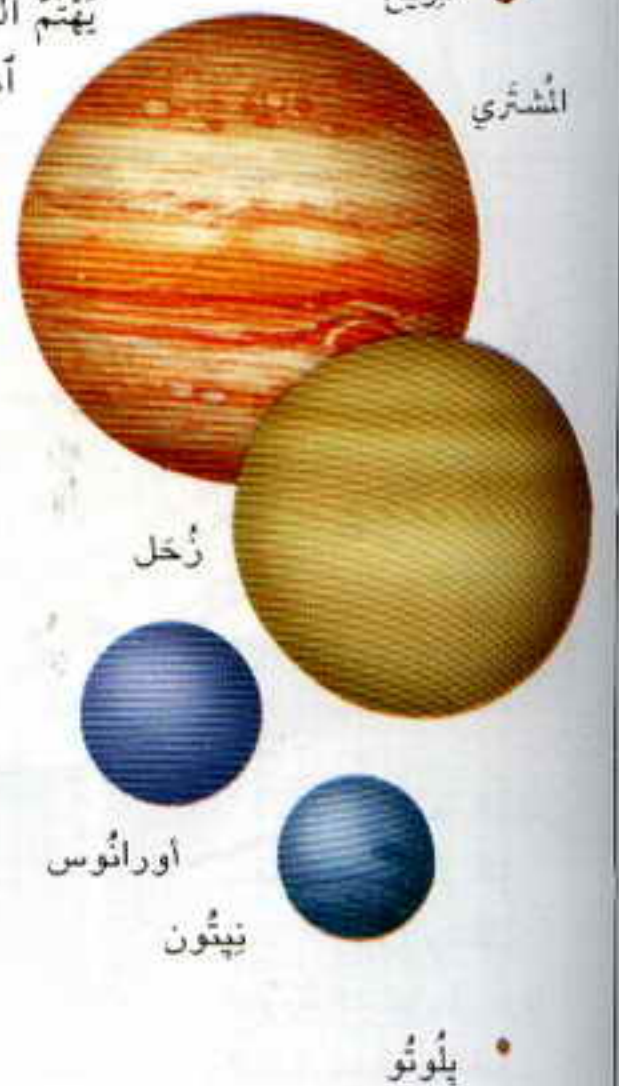
نشأة النظام الشمسي

نشأت الكواكب السَّيَّارة والأجرام الأخرى في المنظومة، منذ ٤٦٠٠ مليون سنة، من بقايا المادة المتخلفة من تكوُّن الشمس. فقد كانت الشمس مُحاطة بِكَرَّةٍ من الغاز (مَرِخٍ من الهيدروجين والهيليوم) والغبار (حديد وصخور وتلج)، تُدعى السَّديم الشمسي، تحوَّلت لاحقًا إلى قرص مُسطَّح دَوَّار. ثم تلاحق الغبارُ بعضه ببعض مُكوِّنًا أربع كتل - هي عَطارِدُ والرُّهْرَة والأرض والمَرِخ. وفي نطاقٍ خارجيٍّ أبعد، اتَّحدَ الغبارُ والتَّلجُ بالغازات لتكوِّن المُشْتَرِي وزُحَل وأورانوس ونبتون. أمَّا نشأة بلوتو فمُخْتَلِفَةٌ - فلعلَّه قَمَرٌ فَاِلت.



أحجام الكواكب السَّيَّارة

يَهْتَمُّ الفلكيون بِكُتْلَةِ الجرم (أي كميَّة المادَّة فيه) أكثرَ من أهَمِّيَّاتهم بِقُطْرِهِ (أو حَجْمِهِ). أكبرُ الكواكب السَّيَّارة كُتْلَةً وحَجْمًا هو المُشْتَرِي.



الجاذبيَّة في النظام الشمسي

ما الذي يُبقي كواكب النظام الشمسي في أفلاكها؟ إنَّها الجاذبيَّة - وهي قُوَّة تجاذبٍ بين كُتْلَتَي جِسْمَيْن تتناسبُ طَرْدِيًّا مع مَقْدَارَي كُتْلَتَيْهِمَا وَعَكْسِيًّا مع مُرَبَّعِ المَسَافَةِ بَيْنَهُمَا حَسَبًا يَنْصُ قانونُ الجاذبيَّة العامِ لِنِيوتن. والجاذبيَّة تُبقي مادَّةَ الجرم مُتَماسِكَةً، وإذا كانت قُوَّةٌ بما فيه الكفاية، فإنَّها تجذبُ غازاتٍ نحوَ الكوكبِ السَّيَّارِ أو القَمَرِ فتكوِّنُ جَوًّا حَوْلَهُ. في القُرُونِ السَّابِقِ عَشْرَ، تَقصَّى العالمُ الإنكليزيُّ، إسحق نِيوتن، حَرَكَةَ القَمَرِ والكواكبِ السَّيَّارة، ووَضَعَ قانونَ الجاذبيَّة العامِ الذي هو أحدُ القوانينِ الأساسيّة في الكونِ.



المَدَارَات

جميع الكواكب في المُستوي نَفْسِهِ عِدا مَدَارَي عَطارِدِ وبلوتو.

النظام الشمسي قُرْصِي الشَّكْلِ مَرَكْزُهُ الشَّمْسُ؛ والكواكبُ السَّيَّارة تَدورُ حَوْلَها في مَدَارَاتٍ (أو أفلاكٍ) مُعَيَّنَةٍ في اتَّجَاهٍ واحدٍ لكن بِسُرْعَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ. وهي تَسْتَعْرِقُ أَوَقَاتًا مُخْتَلِفَةً لِتُكْمِلَ دَوْرانَها حَوْلَ الشَّمْسِ.

لزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيَّة ص ١٢٢
- الشمس ص ٢٨٤
- عَطارِدُ والرُّهْرَة ص ٢٨٦
- الأرض ص ٢٨٧
- المَرِخ ص ٢٨٩
- المُشْتَرِي ص ٢٩٠
- زُحَل ص ٢٩١ ، أورانوس ص ٢٩٢
- نبتون وبلوتو ص ٢٩٣
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

الشمس

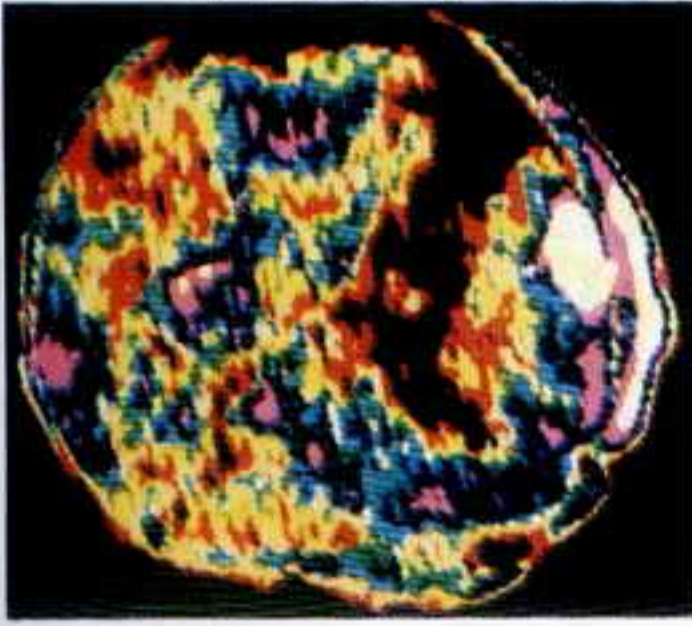
الشمس أقرب النجوم إلينا، وبدراسيتها يمكننا تعرّف الكثير عن النجوم الأخرى في الكون. فهي، كسائر النجوم، كرة ضخمة مضيئة من الغازات الحارة يتألف معظمها من الهيدروجين وبعض الهيليوم وكميات ضئيلة من العناصر الأخرى. وتجري داخل الشمس تفاعلات الاندماج النووي باستمرار مولدة الطاقة كضوء وحرارة، فتبلغ درجة الحرارة في مركزها حوالي ١٤٠٠٠٠٠٠°س. تنشأت الشمس من سديم غاز وغبار منذ حوالي ٥٠٠٠ مليون سنة ضمن مجموعة من النجوم تفرقت ببطء لاحقاً، فعدت الشمس الآن نجماً منفرداً بذاته. وتتميز الشمس كما نعلم، بين سائر النجوم بمنظومتها من الكواكب السيارة. والشمس بالنسبة للأرض، أحد هذه الكواكب، ليست النجم المركزي القديم فقط بل مصدر الطاقة للحياة فيها أيضاً.

تشاهد الشوْط
(ج. شواظ)
الشمسية فقط
أثناء كسوف
الشمس الكلي
أو باستخدام
معدّات خاصة.

الشوْط الشمسية

تتجّر من سطح الشمس النّير (الفوتوسفير) أحياناً سحب ضخمة من الغاز اللاهب المتوهج تُعرف بالاندلاعات والشوْط الشمسية، وهي تراقق البقع الشمسية عادة. الاندلاعات الشمسية توهجات ساطعة فجائية الاندفاع لا تدوم طويلاً - فيما قد يصل ارتفاع الشواظ الكبير إلى ١٠٠٠٠٠ كم، ويدوم عدّة شهور.

هذه الصورة للشمس، بالأشعة فوق
البنفسجية، تُظهر ثقبا في الإكليل.



شمس الأشعة فوق البنفسجية

اليوم ما عادت الشمس تُصوّر فقط بالضوء المرئي، بل أضحت صورها تُسجّل أيضاً بمختلف الأشعة الأخرى التي تبتعثها. فلدى الفلكيين معدّات خاصة تستطيع ألتقاط الصور بالأطوال الموجية الأخرى، كفوق البنفسجية وتحت الحمراء، تُبين تفاصيل مهمة لا تستطيع الصور العادية إظهارها.

إياك
التطلع
مباشرة إلى
الشمس بمنظار ثنائي
العينية أو بمقراب
(تلسكوب).

مقراب (تلسكوب) شمسي

يستخدم الفلكيون معدّات خاصة، مركّزة على الأرض أو محمولة في الفضاء، لدراسة الشمس. فيجمع ضوء الشمس ثم يُقلق بواسطة المِطاف إلى طيف شمسي (يُبين الأطوال الموجية الضوئية المختلفة التي تبتعثها الشمس). وجدّير بالذكر أن معظم معلومات الفلكيين عن الشمس حصلوا عليها من دراسة أطيافها.

تنعكس أشعة الشمس
سفلًا إلى مرآة في نفق
تحت الأرض. وتتكوّن
صورة الشمس في غرفة
مراقبة حيث يستطيع
الفلكيون دراسة ضوءها.

أحد التلسكوبات الشمسية في المرصد
الوطني في كيت بيك، بالولايات المتحدة.

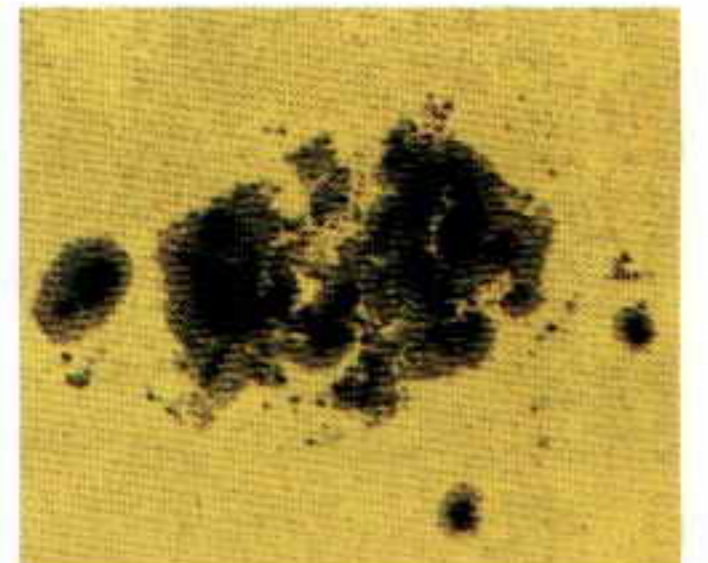
طباقية الشمس

تتألف الشمس من طبقات غازية مختلفة. فسطح الشمس النّير المرئي يُدعى الفوتوسفير، ويبدو مُرقّشًا ببقايع الغازات المدوّمة فيه. وتُحيط بالفوتوسفير طبقة لا تُرى من الغاز تُدعى الغلاف اللوني (الكروموسفير). وتُدعى الطبقة فوق الغلاف اللوني، الإكليل؛ وتبدو كهالة متضائلة نحو الفضاء.

تدوم الشمس حول محورها من الشرق إلى الغرب؛ وبسبب طبيعتها الغازية تختلف فترة الدوران من ٢٥ يومًا في الوسط (عند خط استوائها) إلى ٣٠ يومًا في قطبيها (في أعلاها وأسفلها). وقد اكتُشف ذلك برصد تحركات البقع الشمسية.

البقع الشمسية

أحياناً تظهر الفوتوسفير، بالمُعانة الدقيقة، منخربة ببقع مظلمة تُعرف بالكلف الشمسية؛ وهي تبدو مظلمة لأنها أبرد ممّا حولها. إنّ حدوث هذه البقع عائد للمجالات المغنطيسية التي تُبطئ سريان الحرارة إليها من مركز الشمس. والبقع الشمسية ذات مركز مظلم يُسمى الظل يُحيط به جدار أفتح لونًا يُسمى شبه الظل. وهذه البقع تحدث عادة أزواجًا أو مجموعات.



مجموعة من البقع الشمسية



تستغرق دورة البقع الشمسية ١١ سنة. في بدايتها يكون سطح الشمس خاليًا من البقع؛ ثم يظهر بعضها في أعلى السطح وفي أسفله؛ ثم تختفي البقع وتتشكل بقع جديدة أقرب فأقرب من خط الاستواء (نحو وسط القرص).

آرثر إدينجتون



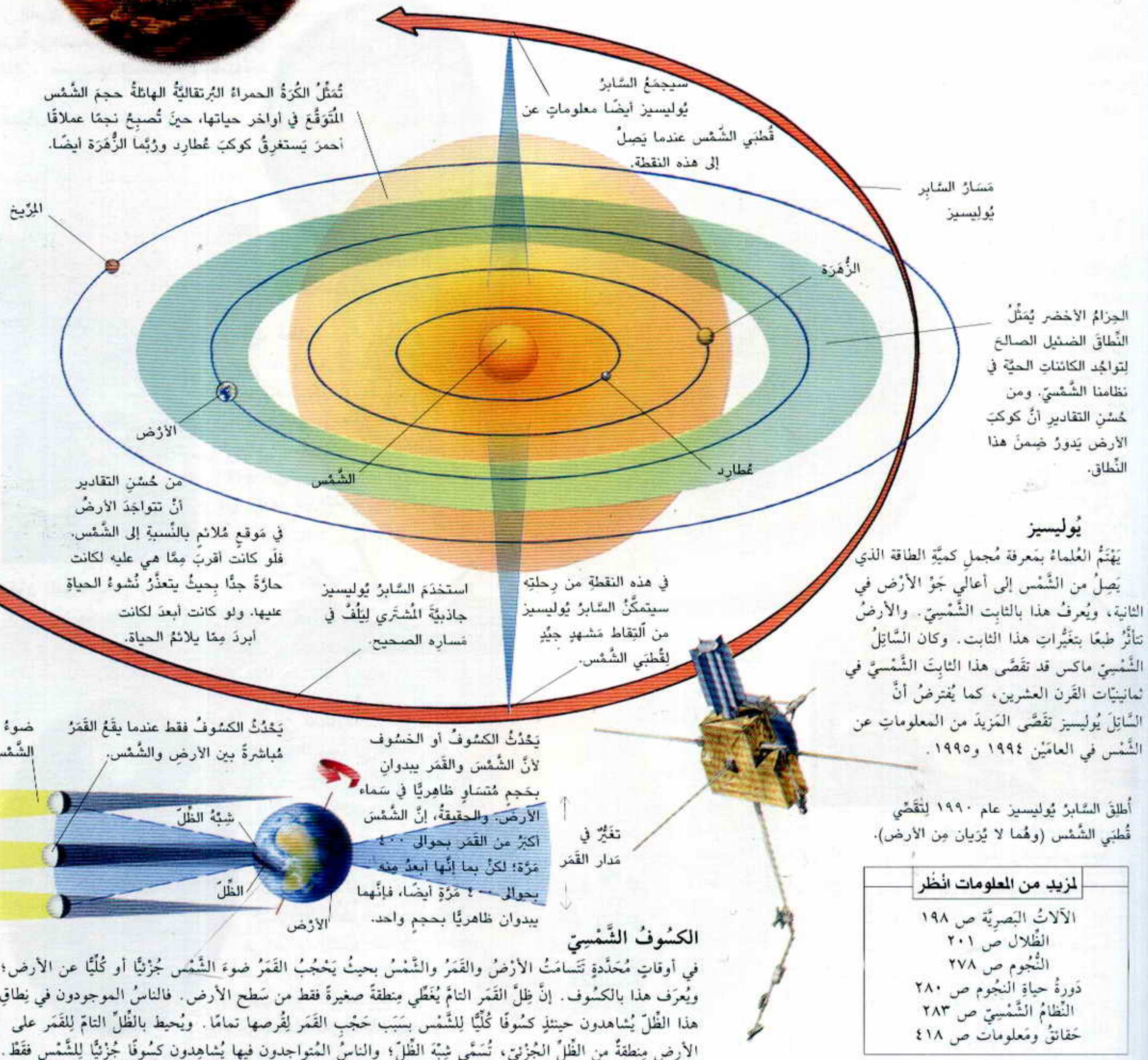
كان الفلكي الإنكليزي، السير آرثر إدينجتون (١٨٨٢-١٩٤٤) أول من أسهم في كشف خفايا التركيب الداخلي للنجوم. وقد اكتشف أن ضيائية النجم (كمية الضوء التي يبعثها) تعتمد على عظم كتلته. كذلك كان إدينجتون أول من وجد إثباتاً عملياً للنظرية النسبية لأينشتاين بتسجيله انحناء أشعة الضوء من نجم بعيد جداً أثناء كسوف كلي للشمس عام ١٩١٩.

سيرة حياة الشمس

بالمُضطلحات النجمية، شمسنا الآن في منتصف عُمرها، وستُختصر في يوم من الأيام. لكن لا يساورنا القلق، فأمام الشمس ٥٠٠٠ مليون سنة أخرى، ستبقى تُشعّ فيها قبل أن تستنفد وقودها من الهيدروجين. ومن ثم ستبدأ باستهلاك محتواها من الهيليوم مُتحوّلة إلى نجم عملاق أحمر يُشعّ ١٠٠٠ مرة أنصع من إشعاعها، ويزداد حجمه ١٠٠ مرة أكثر من حجمها، الآن. ثم سيتقلص هذا إلى نجم قزم أبيض بحجم الأرض. وبعد مضي آلاف ملايين السنين سيبرد هذا النجم وتنتهي حياته كجسم أسود بارد يدعى قزماً أسود.



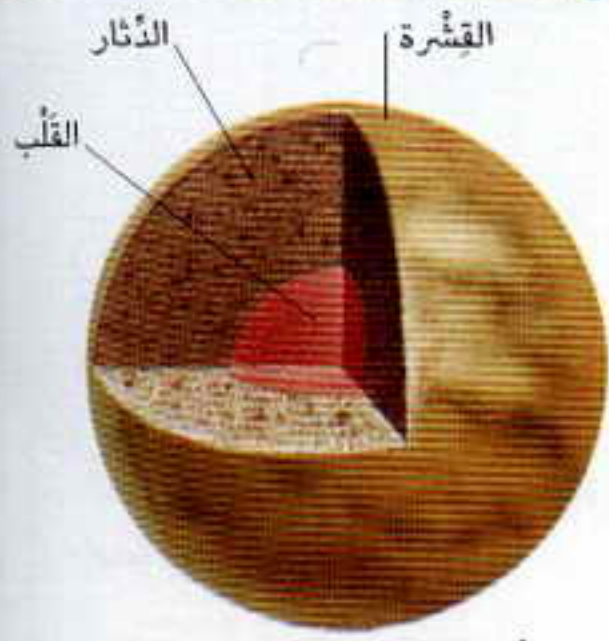
تُمثّل الكرة الحمراء البرتقالية الهائلة حجم الشمس المُتوقّع في أواخر حياتها، حين تُصبح نجماً عملاقاً أحمر يستغرق كوكب عطارد وربما الزهرة أيضاً.



الكسوف الشمسي

في أوقات مُحددة تتسامت الأرض والقمر والشمس بحيث يخجّب القمر ضوء الشمس جزئياً أو كلياً عن الأرض؛ ويُعرف هذا بالكسوف. إن ظل القمر التام يغطي منطقة صغيرة فقط من سطح الأرض. فالناس الموجودون في نطاق هذا الظل يشاهدون حينئذ كسوفاً كلياً للشمس بسبب حجّبه القمر لقرصها تماماً. ويحيط بالظل التام للقمر على الأرض منطقة من الظل الجزئي، تُسمى شبه الظل؛ والناس المُتواجدون فيها يشاهدون كسوفاً جزئياً للشمس فقط.

عُطَارِد والزُّهْرَة

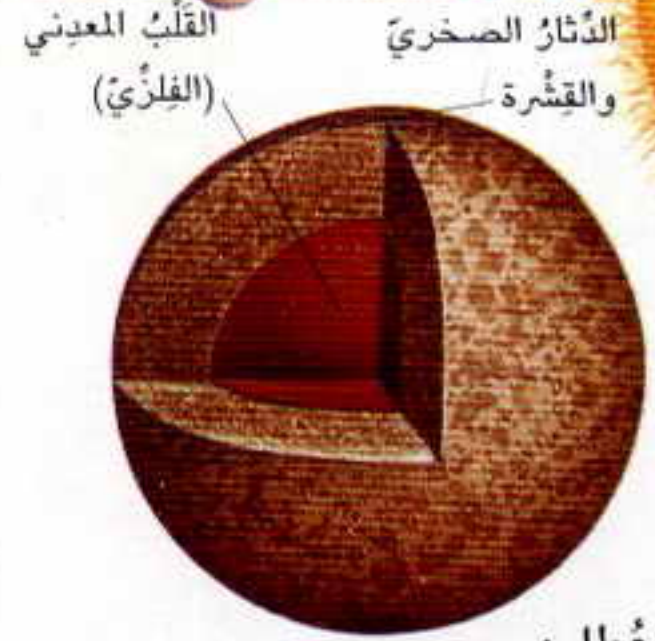


بنية الزُّهْرَة

مر كوكب الزُّهْرَة، كالأرض، في فترة أنصهار غاصت خلالها المواد الكثيفة نحو مركزه تاركة قشرة أخف فوقها. يتألف مركز الزُّهْرَة من قلب منصهر من الحديد والنيكل يحيط به دئار صخري يدعم القشرة الصخرية.

أقرب الكواكب إلى الشَّمْس هما كوكبا عُطَارِد والزُّهْرَة، وقد عُرفا ورُصدا منذ القِدم. وعُطَارِد هو الأعسر مشاهدة بين الكواكب لأن الناظر إليه يجهز عادةً بوهج الشَّمْس. بالمُقارنة، فإن الزُّهْرَة تسهل رؤيته، إذ هو ألمع جرم في الفضاء بعد الشَّمْس والقَمَر. وكوكب الزُّهْرَة، كالقَمَر، تتغير أوجهه دورياً - من هلالٍ نحيل إلى قرصٍ تام؛ وكان غاليليو غاليلي أول من لاحظ تلك الأوجه عام ١٦١٠.

لكن معلوماتنا الحالية عن طبيعة عُطَارِد القاحلة العديمة الحياة، وعن عالم الزُّهْرَة الموحش، خلف مظهره الرائق، لم تتوضح للفلكيين إلا بعد تقصّيهما حديثاً بالسّوابر الفضائية ومعدّاتها المتطورة.



بنية عُطَارِد

المجال المغنطيسي الضعيف لكوكب عُطَارِد وكثافته العالية يُشيران إلى وجود قلب هائل من الحديد في مركزه. وفوق هذا القلب طبقة من الصخور المنصهرة المضغوطة، هي الذئار، تطفو فوقها قشرة صخرية جامدة.

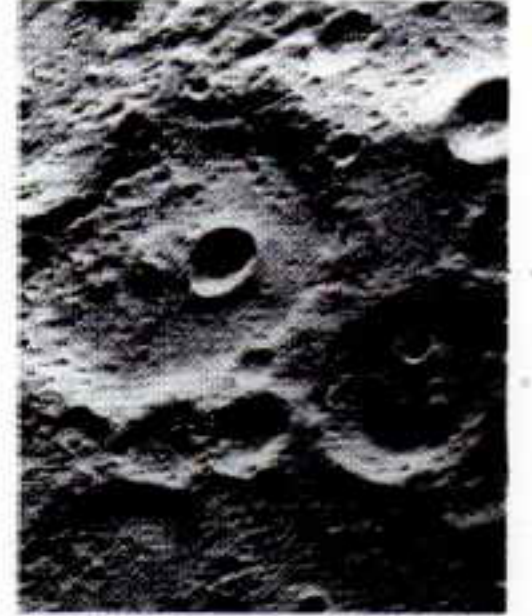
عُطَارِد

مُعظم معلوماتنا عن سطح عُطَارِد، جمعتها العربّة الفضائية مارينر ١٠. لكن «مارينر ١٠» لم تصوّر إلا جزءاً من الكوكب فقط لأنها كانت تمر دائماً بالجانب نفسه من الكوكب. لهذا السبب، فلا يزال الكثير من هذا الكوكب بانتظار الاستكشاف.



فوهات عُطَارِد

كوكب عُطَارِد صغير، كقمرنا، تُندب سطحه فوهات تكوّنت مباشرة بعد نشأة النظام الشمسي. وسطح عُطَارِد مُجعد بالجُرُف (الصخور الشديدة الانحدار) الناتجة عن تقلص الكوكب الفتي أثناء فترة بُروده، كما التفاحة الدّاوية.



تكوّن الفوهات

تكوّن الفوهات الكثيرة على سطح عُطَارِد جرّاء رطم الصخور الساقطة نائرة حفارتها حول حفر وتجاويف ضحيّة الشكل.



منظر طبيعي للزُّهْرَة

من يُفكر بالهبوط على سطح الزُّهْرَة عليه أن يحترق جَوْها أولاً - وهذا الجو يتألف من غيوم كثيفة بيضاء مُصفرّة من غاز حامض الكبريتيك. وتبلغ درجة الحرارة على سطح الزُّهْرَة ٤٨٠°س لأن جَوْه الكثيف يحجز حرارة الشَّمْس كما الدفيئات. كما يبلغ الضغط الجوّي عليه ١٠٠ مرة أكثر من ضغط جَوْ الأرض؛ وهذا يسحق أي بشري في ثوان.

صورة سطحية

استكشفت الزُّهْرَة أكثر من ٢٠ عربّة فضائية، أظهرت أن سطح الكوكب صحراوي حار، به بقاع قليلة من الأراضي الخفيفة والمرفعات.



صورة لسطح الزُّهْرَة التقطها السّابر الفضائي ماجلان.

منظر طبيعي لعُطَارِد

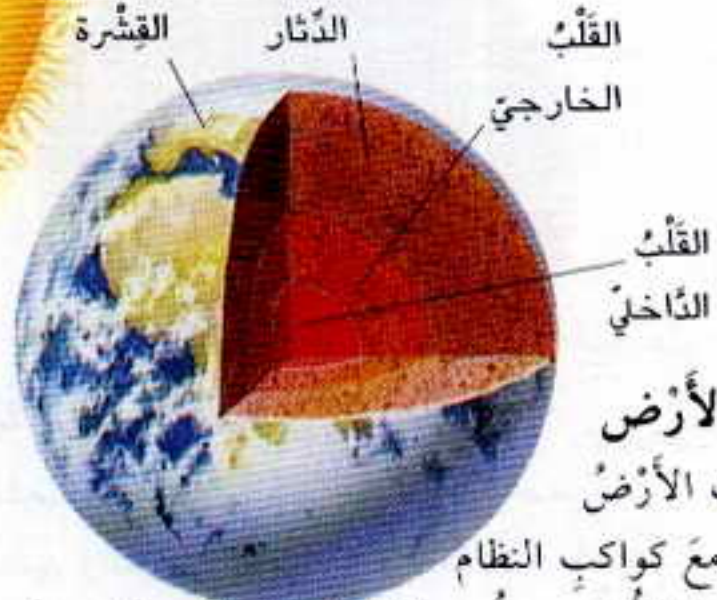
الجاذبية السطحية في عُطَارِد أقل من نصف جاذبية الأرض - ممّا أضعف إمكانية الكوكب على جذب غازات حوله - فجعله عادم الجوّ، تقريباً، يسوده السكون لأن الصوت لا ينتقل في الفراغ. ويسجل عُطَارِد أقصى فروق في درجة الحرارة نهاراً وليلاً بين الكواكب نظراً لانعدام جوّ يحجب الحرارة عنه وإليه - إذ تبلغ درجة الحرارة نهاراً ٤٠٠°س وليلاً - ٢٠٠°س.



لمزيد من المعلومات انظر

- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الشَّمْس ص ٢٨٤
- الأرض ص ٢٨٧
- القَمَر ص ٢٨٨
- السّوابر الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

الأرض

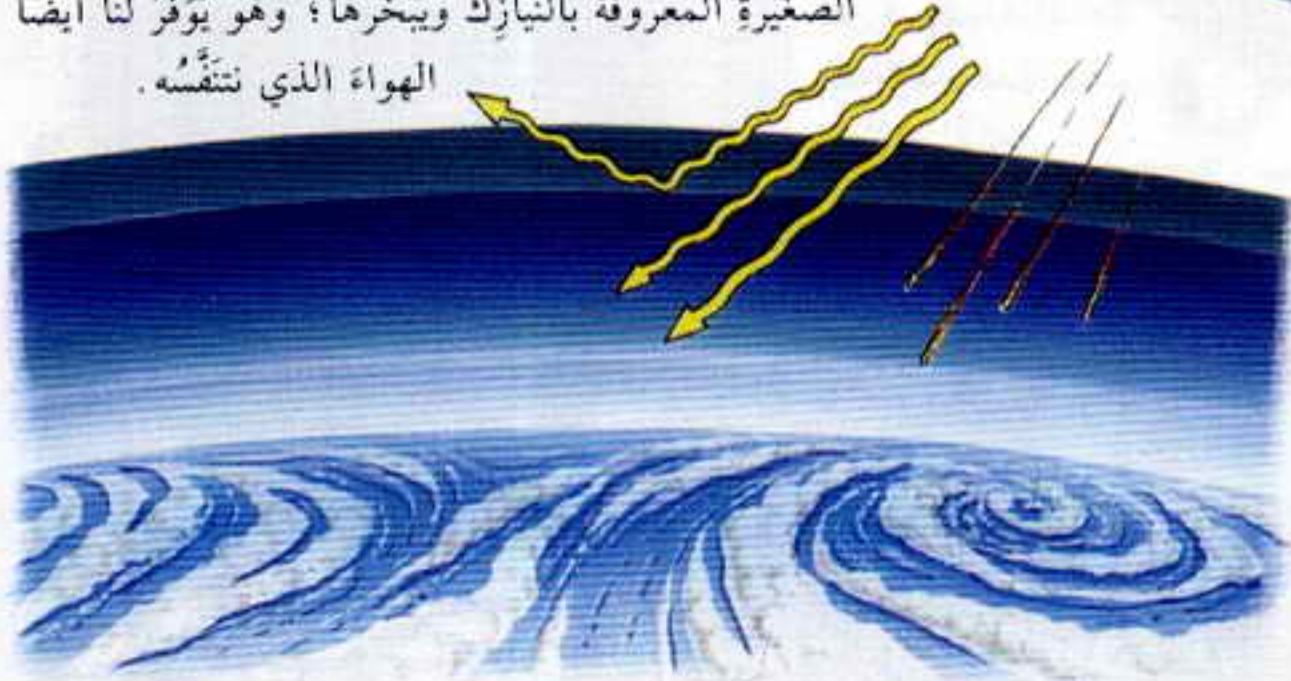


الأرض
القشرة
الدثار
القلب الخارجي
القلب الداخلي
بنية الأرض
تكوّن الأرض
التيّمة مع كواكب النظام
الشمسي الأخرى منذ ٤٦٠٠ مليون سنة. وكانت في
البداية باردة؛ لكنّ الفاعلية الإشعاعية أحمّتها حتى
الانصهار. فغاص الحديد الثقيل نحو المركز، وطفّت
الصخور الأخف فوقه. حاليًا، يُحيط بقلب الأرض
الحديدي دثار صخري مانع، تُغلّفه قشرة صخرية
سطحية لا تتعدى سماكتها بضعة كيلومترات.



جوّ الأرض

جوّ الأرض رقيق بالمقارنة مع جوّ جارتها الزهرة - لكنّه
مفيد جدًا. فهو رقيق بحيث يخترقه ضوء الشمس، لكنّه
سميك بما فيه الكفاية ليحجب إشعاعات الشمس الأخرى
المؤذية؛ فمعظم الأشعة فوق البنفسجية الخطرة على حياة البشر
تُرشح عبْرَه. كذلك يبطئ جوّ الأرض سرعة الرّجُم الفضائية الصخرية
الصغيرة المعروفة بالنيازك ويُبخرها؛ وهو يُوفّر لنا أيضًا
الهواء الذي نتنفسه.



منظر طبيعي أرضي

منذ ملايين السنين تكوّن حوّل الأرض
جوّ من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء
والثروجين. فكوّن بخار الماء المطر،
والمطر كوّن البحار والمحيطات؛ وكلا
هذين المَعْلَمَين مُهمّان جدًا اليوم، حيث يتم
تبادل الماء بين الجوّ والمحيطات - فيما يعمل
الجوّ كطبقة مُدبّرة تُبقي درجة الحرارة مُنظمة تقريبًا.



الظروف على الأرض ملائمة
تمامًا لأشكال الحياة المختلفة
- بما فيها الإنسان!

من الطبيعي أن تكون الأرض هي الكوكب الذي أَسْتَحْوَذَ على أهتمام العلماء وأستقصاءاتهم
أكثر من سواه في النظام الشمسي، وأن يكون ما نعرفه عنه، بالتالي، أشمل وأدق.
الأرض، كغيرها من الكواكب، فريدة ذات خصائص لا توجد في سواها - ليس أقلها أنها
الكوكب الوحيد الصالح للحياة في المنظومة الشمسية؛ ويوازي ذلك أهمية تواجد الماء.
هذان العاملان حدّدا شكل ومسار تطوّر الأرض من كوكب ذي جوّ غني بالهيدروجين إلى
العالم في حاله الراهنة. فالحياة التي بدأت في بحار الأرض منذ ٣٠٠٠ مليون سنة،
والكائنات الحيّة التي تطوّرت منها، أسهمت في تكوين جوّ النتروجين والأكسجين الذي
وفّر بدوره الظروف الملائمة لاستمرار الحياة. يدور حوّل الأرض ساتل طبيعي هو القمر.
وهي الكوكب الخامس من حيث الحجم، والثالث من حيث البعد عن الشمس.

الأرض جرم لا يهدأ

سطح الأرض دائم التغيّر؛ فقشرتها تتألف من صفائح (أو ألواح)
هائلة متحركة. وتحدث البراكين والهزّات الأرضية عندما تتصادم
هذه الصفائح أو يَحْتَكُ بعضها ببعض أو ينزل بعضها تحت
بعض. ويرافق ذلك عادة اندفاع الصهارة الصخرية نحو
السطح، وهكذا تُجدّد قشرة الأرض نفسها باستمرار.

كوكب الأرض

تألق الأرض ساطعة في الفضاء، إذ
تعيكس حوالي ثلث ضوء الشمس الساقط
عليها؛ كما يستطير الضوء في جوّها
فيكسيبها لونا تغلب عليه الزرقة. وتبدو كتل
اليابسة البنية بوضوح، وكذلك
المحيطات التي تغطي قرابة ثلثي سطح
الأرض - حيث يغطي المحيط الهادئ
وحده نصف سطح الكرة الأرضية. كما
يمكن مشاهدة غيوم كثيرة في الجوّ.



أرسطارخوس

حقيقة أن
الأرض تدور
حول الشمس
حازت القبول
منذ أقل من ٤٠٠ سنة. ويُعزى الفضل في
ذلك إلى الفلكي البولوني، كوبرنيكس، (في
القرن السادس عشر)، الذي دَخَصَ النظرية
القائلة أن الأرض هي مركز الكون. لكنّ
الفلكي اليوناني، أرسطارخوس (٣١٠-
٢٣٠ ق.م.)، كان سبقه إلى الفكرة ذاتها
قبل ذلك بقرون عديدة. فقد أحسب
أرسطارخوس الحجم والمسافة النسبيين
للشمس والقمر مُستخدماً القواعد الهندسية،
واستنتج وجوب أن تدور الأرض حوّل
الشمس لأن الشمس هي الأكبر بكثير.

لمزيد من المعلومات انظر

تكوّن الأرض ص ٢١٠
الأرض ص ٢١٢
النظام الشمسي ص ٢٨٣
حقائق ومعلومات ص ٤١٨

القمر



الهبوط على القمر

لا تزال رحلات أبولو السبع عشرة في الستينيات والسبعينيات من القرن العشرين تحتل الأوج بين محاولات استكشاف الفضاء. هذه الرحلات أنزلت اثني عشر رائد فضاء على سطح القمر وأعادتهم سالمين إلى الأرض. وتستخدم نتائج الاختبارات السطحية على القمر والتحليل المداري حوله والعديد من الصور التي التقطت له في تكوين تصورنا الحالي لسطح القمر.

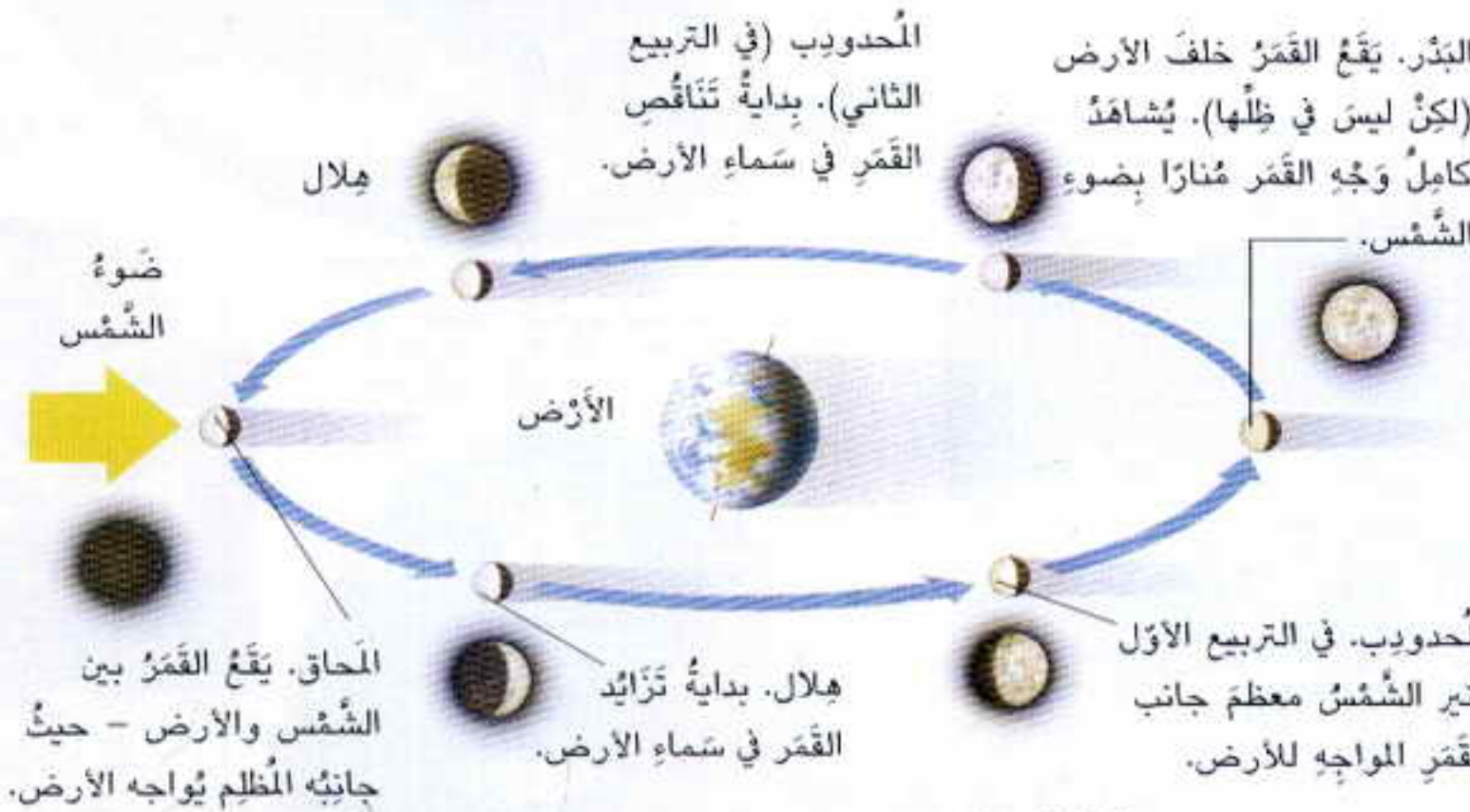
رصد القمر

يُشكل القمر جزءًا جيدًا للفلكيين المبتدئين لأن معالمه السطحية يمكن تمييزها بالعين المجردة. فالبقع المرئية القائمة هي سهول مسطحة تدعى «بحارًا»، أما المناطق الأفتح لونًا فهي الجبال. ويمكن حتى بالمنظار الثنائي العينية تمييز بعض القوّهات البركانية التي تغطي مساحات شاسعة من سطح القمر.



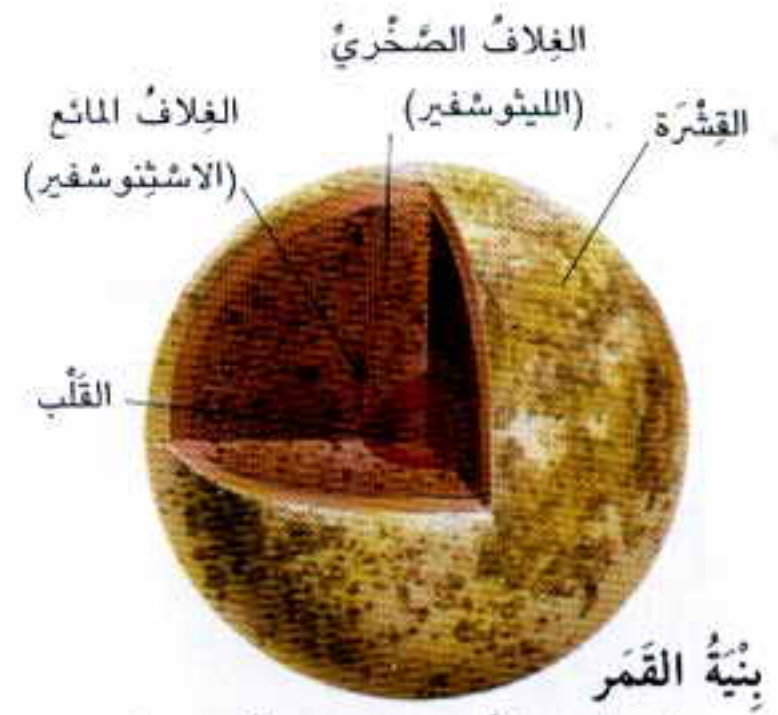
الصخور القمرية

عاد رؤاؤ القمر بحوالي ٢٠٠٠ عينة من الصخور القمرية بلغ وزنها ٤٠٠ كغ تقريبًا. ومن دراسة هذه العينات تكون لدى العلماء تصور جديد عن تركيب القمر وتاريخه. فبعض الصخور مثلًا ضهارية نشأت من لابة منصهرة.



أوجه القمر

رغم أن القمر غير منير بذاته، فهو ألمع جرم في سماء الليل لأنه يعكس ضوء الشمس جيدًا. وخلال دورانه حول الأرض نشاهد أجزاء متفاوتة القدر من وجهه الممار بالشمس تتراوح بين الهلال والبدر. فعندما يكون القمر في المحاق لا يعكس جانبه المواجه للأرض نورًا من الشمس فلا نراه. ويقاس الشهر القمري بالفترة بين محاقين متتاليين. وتبلغ عدة أيامه ٢٩,٥ يومًا.



بنية القمر

اكتشف العلماء أن القمر يحوي قلبًا صغيرًا من الحديد والكبريت تحيط به طبقة الغلاف المائع من الصخور المنصهرة جزئيًا (الآستينوسفير). وفوق هذه طبقة الغلاف الصخري الجامد (الليثوسفير)، تغطيها قشرة من الصخور الغنية بالألومنيوم والكالسيوم.

الترشاش العظيم

لا يعلم الفلكيون علم اليقين كيف تكون القمر. فقد يكون انفصل عن الأرض، أو أن الأرض قد أسرته، أو أنه تكون من مواد حول الأرض في بدء نشأتها. والإفترض الرابع، هو نظرية الترشاش العظيم، ومفادها أن جسمًا بحجم المريخ ارتطم بالأرض الفتية، فتكون القمر من أنقاض ذلك الارتطام.



لم يتغير سطح القمر إلا قليلًا منذ ملايين السنين - فبإعدام الجو تنعدم عوامل التجوية.



لا أحد يستطيع سماع صراخك على سطح القمر!

منظر طبيعي للقمر

إذا قدر لك أن تحط على سطح القمر، فسجد عالمًا يسوده السكون التام لانعدام الجو فيه - فلا يتقل الصوت فيه (ولا يمكنك التنفس طبعًا دون برقة فضائية!). تغطي سطح القمر قوّهات يبلغ اتساع بعضها مئات الكيلومترات، وكان أكثرها قد تكون منذ حوالي ٤٠٠٠ مليون سنة عندما ارتطمت بالقمر صخور من الجزام الكويكبي.

لزيد من المعلومات انظر

- الأمواج والمدّر والتيارات ص ٢٣٥
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

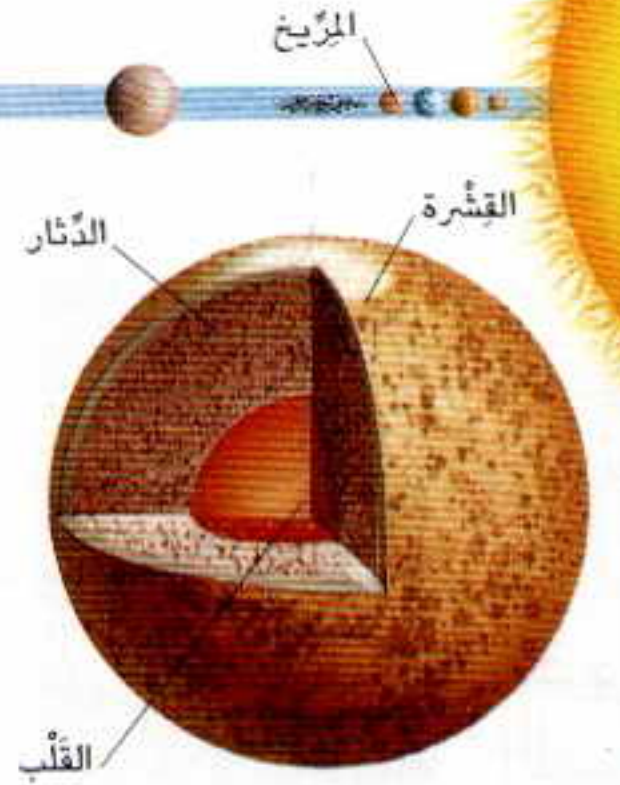
المريخ

رسم للمريخ من
وضع پرسفال
لويل.



رصد لويل المريخ وفُسّر سيماته
السطحية كإقنية لجر المياه
شادتها حضارة مريخية متقدمة.

الجُرمُ الأحمرُ الساطِعُ في سماء الأرض هو في الواقع كوكبُ المريخ، ويعودُ لونه الأحمر، وهو معلّمهُ المُميّزُ الأشهر، إلى الصخورِ والغبارِ التي تُغطّي سطحه. في صيفِ العام ١٩٧٦ هبطت مركبتا فضاء من طراز فايكنغ على سطح المريخ وقامتَا بتحليلِ تربته لِتَقْصِي أي أثر للحياة فيه وكانت النتائجُ سلبية؛ لكن التحاليلَ أظهرت أن الكوكبَ غنيّ بالحديد - وهذا يُعلّلُ شكله الصدّيّ. مظهرُ المريخ يوحي بتوفرِ مقومات الحياة فيه، لكنّه في واقع الحالِ عالمٌ باردٌ لا حياة فيه. لقد زودتنا المركباتُ الفضائيةُ بمشاهدٍ للمريخ، عن قُرب، يظهرُ فيها ثلاثة براكين ضخمة ومجموعةٌ من الخوانق (الأخاديد الوديانية) تُؤلّفُ ما يُسمّى الأودية البحرية - وهي أطولُ من الخانق العظيم (الغراند كانيون) في الولايات المتحدة عشرَ مراتٍ، وأربعَ مراتٍ أعمقُ منه.

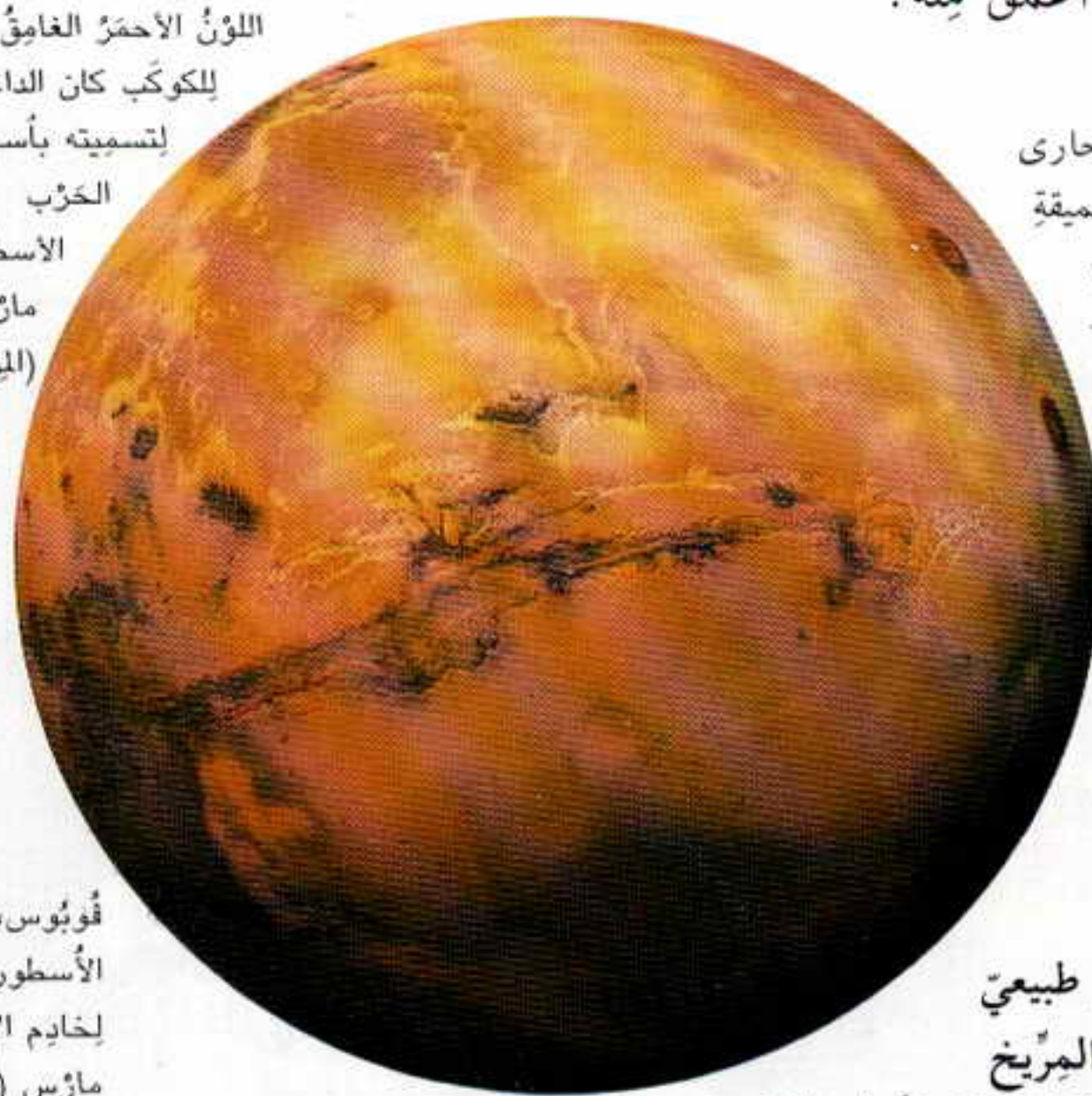


بنية المريخ

مرّ المريخُ الفتي بفترة قصيرة فقط من الإنصهار الكامل؛ لذا لم يتسَنّ لبعض موادّه الأثقل الغوصُ إلى مركزه - ممّا جعلَ قلبه أصغرَ من قلوب الكواكب الصخرية الأخرى.

كوكبٌ وعر

تُغطّي سطح المريخ معالمٌ مُثيرةٌ كالصحاري والجبال العالية والفوهات البركانية العميقة والبراكين الضخمة. وللمريخ قنصوتان قطبيتان جليديتان تتغيّران بتغيّر فصوله - فيدوب ثاني أكسيد الكربون الجليديّ عنهما صيفًا، كاشفًا سطحًا من الصخور الطباقية، ويتكوّنُ ثانيةً في الشتاء.



اللونُ الأحمرُ الغامقُ
للكوكب كان الداعي
لتسميته بأسم إله
الخراب
الأسطوري
ماؤس
(المريخ).

پرسفال لويل

پرسفال لويل (١٨٥٥-
١٩١٦)، فلكيّ هاوي

ثريّ، شغفَ
بالمريخ. وقد
تراءى له خلال
رصده المريخ من
مرصده في أريزونا،
بالولايات المتحدة،
أن الكوكب مأهول وأن
أخاديدَه هي إقنية لجر المياه،
من القلائس القطبية، إلى الأراضي
الزراعية الجافة. وقد تبين لاحقًا أن ما
تراءى له كان مُجرّد خداع بصريّ.

فوبوس

يدورُ حوّل المريخ قمران صغيران
هما ديموس وفوبوس.

ويبدوان من الأرض،
حتى بأقوى ما لدينا من
تلسكوبات، كبقعّتين

ضوئيتين صغيرتين. وقد أظهرت

السفنُ الفضائيةُ أنّهما جرّمان قايّمان، غريبَا الشكل.

ويحوي كلاهما فوهاتٍ بركانية، لكن فوبوس

مُغطّى بالأخاديد أيضًا. وهذان القمران أشبه

بالكويكبات من عدّة وجوه - ويعتقد

بعض العلماء أنّهما كانا من زمرة الحزام

الكويكبي قبل أن يأسرهما المريخ.



فوبوس، الاسمُ
الأسطوري
لخادم الإله
ماؤس (المريخ).



جبل أولمپس

جبلُ أولمپس البركاني العملاق، ليس أكبرَ جبلٍ
على المريخ فقط، بل هو أضخمُ الجبال في
النظام الشمسيّ كلّهُ - إذ يبلغُ قطرُ قاعدته
٧٠٠ كم، وارتفاعه ٢٧ كم، أي قرابة ثلاثة
أضعاف علو جبل إفرست على الأرض.

منظرٌ طبيعيّ من المريخ

لو قدّر لك الانتقالُ إلى المريخ،
فستجدّه مكانًا باردًا جدًّا وموجشًا
للغاية. جاذبيّةُ المريخ هي حوالى نصفُ
جاذبيّةِ الأرض لذا لم يستطع الكوكبُ شدّ
أكثرَ من جوّ رقيقٍ إليه. ورغم ذلك فإنّ
سرعاتِ الرياح فيه أحيانًا تتجاوزُ ١٠٠ كم/سا،
ناشرة عواصفَ من الغبارِ قد تستغرقُ عدّة أشهرٍ لِتستقرّ.



سطحٌ مريخيّ وعر

سطحُ المريخ جافٌ وصخريّ، تغطّيه طبقةٌ
من الغبارِ المُخمّرُ تتألّفُ كيميائيًا من
أكسيد الحديد المُميّز - وهي المادّة نفسها
التي تُكسبُ صحارى الأرض لونها
المُشربّ بالحمرة. حتى سماءُ المريخ تبدو
حمراء وزديّة بتأثيرِ دقائق الغبارِ المُعلّقة
والطاقة في جوّه.



لمزيد من المعلومات انظر

- الرُبوبطات ص ١٧٦
- البراكين ص ٢١٦
- النظام الشمسيّ ص ٢٨٣
- الأرض ص ٢٨٧
- القمر ص ٢٨٨
- الكويكبات ص ٢٩٤
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

المشتري

عَمَلاقُ الكواكبِ في النِّظامِ الشَّمْسيِّ هو المُشْتَرِي - إذ تَزيدُ كُتلتُهُ على ثلاثة أضعافِ كُتَلِ الكواكبِ الثمانية الأخرى مُجْتَمَعَةً. ويتألَّفُ في مُعْظَمِهِ من غازاتٍ وَسَوائِلَ، أمَّا القَلْبُ فَصَخْرِيٌّ وصَغِيرٌ نَوْعًا. وَحيثُ إنَّ الغيومَ الكثيفةَ في أعالي جَوِّ المُشْتَرِي تَعكِّسُ ضوئَ الشَّمْسِ جيِّدًا فهو يُرى ناصِعَ السُّطوعِ في سَماءِ الأرض لَيْلًا. إنَّ الكثيرَ من مَعْرِفَتِنَا حاليًّا عن المُشْتَرِي تَمَّ بواسطةِ بَعَثاتِ السَّوَابِرِ الفَضائيَّةِ، التي عَبَرَ أربعةً منها على مَقْرُبَةٍ منه في سَبْعينِيَّاتِ القَرْنِ العَشرينِ؛ كما يَدورُ حوله منذُ أواسِطِ العامِ ١٩٩٧ السَّابِرُ الفَضائيُّ

غاليليو. وسيُحَقِّقُ غاليليو رَصْدًا طَوِيلَ الأمدِ لِلْكَوكَبِ، وأقمارِهِ، وَمَجالِهِ المِغْنَطيسيِّ القَوِي الذي تَفوقُ شِدَّتُهُ شِدَّةَ المَجالِ الأرضيِّ ٤٠٠٠ مَرَّةً.



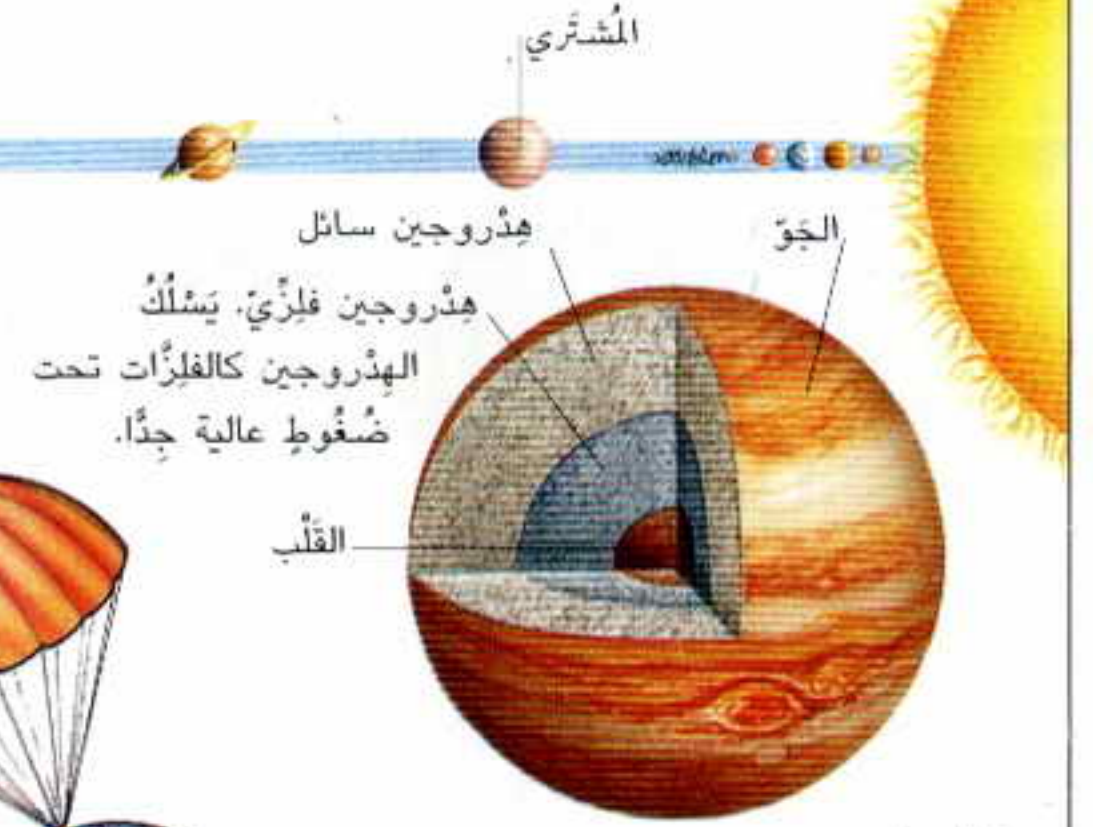
العواصف

يَسْتَعْرِقُ المُشْتَرِي أَقلَّ من عَشْرِ سَاعَاتٍ لِيَتِمَّ دَوْرَةُ كَامِلَةٍ حَوْلَ مِحْوَرِهِ، مُثِيرًا بِتَدْوِيَمِهِ السَّريعِ هَذَا رِيحًا عَاتِيَةً. وَخِلَالَ دَوْرَانِ غازاتِ الجَوِّ حَوْلَ الكوكبِ تُحْدِثُ أَحْزِمَةً وَنُظُفًا مُلَوَّنَةً في أعالي الغيومِ، وتَتَوَلَّدُ عواصفٌ هائلة. ونَذْكُرُ أَنَّ البُقْعَةَ الضَخْمَةَ الحُمْراءَ، التي يَفوقُ حَجمُها ضِعْفِي حَجمِ الأرضِ، هي الإِعصارُ الأعْظَمُ في النِّظامِ الشَّمْسيِّ.



آيو

القَمَرُ آيُو أَكْبَرُ من قَمَرِنَا بَقْلِيلٍ؛ وَهو أَحَدُ أَشَدِّ الأَجْرامِ التي تَوَلَّفُ المَنْظُومَةَ الشَّمْسيَّةَ اسْتِدْعاءً لِلإِهْتِمَامِ. فهو، بِتأثيرِ قُوَّةِ المُشْتَرِي المَدْرِيَّةِ (المَدْيَةِ الجَزْرِيَّةِ) التي تَعْمَلُ على إِحْمَاءِ قَلْبِهِ، ذو نَشَاطٍ بُركانيٍّ. وَهو أَحَدُ جَرَمَيْنِ فَقط، إلى جَانِبِ الأرضِ، مَعْرُوفَيْنِ بِتَوَاجُدِ بَرَاكِينٍ ناشِطَةٍ فِيهِمَا.



بنية المشتري

يُحِيطُ بِقَلْبِ المُشْتَرِي الصَخْرِيِّ الصَّغِيرِ جِصْمٌ من الهيدروجين سائلاً وفَلْزِيًّا. وَيَتَلَفُّ هَذَا كُلُّهُ جَوٌّ هائلُ الحَجمِ من الهيدروجين والهيليوم ثَماني مَرَّاتٍ أَكثَفَ من جَوِّ الأرضِ. وَتَهَبِطُ درَجَةُ الحَرارةِ نحوَ طَبَقَاتِ الغيومِ العُلْيَا إلى ١٤٠°س، بينما تَبْلُغُ في القَلْبِ ٣٥٠٠°س.

جَوُّ المُشْتَرِي

لَوْ قُدِّرَ لِرَائِدِ فضاءٍ أَن يَهْبِطَ على المُشْتَرِي، فسيَكُونُ ذَلِكَ في الوَاقِعِ «غَوْصًا» في جَوٍّ كَثِيفٍ، عَمَقُهُ ١٢٨٠ كم، مُؤَلَّفٌ من المِثْثانِ والأُمُونِيا إِضافةً إلى الهيدروجين والهيليوم. وَسَيَرُودُنَا السَّابِرُ الجَوِّيُّ غاليليو، بِأَوَّلِ بَيِّنَاتٍ مُباشِرَةٍ عن خِصائِصِ هَذَا الجَوِّ.

أقمار المشتري

تَدورُ حَوْلَ المُشْتَرِي مَجموعَةٌ أَقْمارٍ يُعْرَفُ مِنْهَا حاليًّا سِتَّةٌ عَشَرَ وَقَدْ يُكْتَشَفُ المَزِيدُ مِنْهَا لاحِقًا - وَمُعْظَمُها أَجْرامٌ صَغِيرَةٌ مُتَجَمِّدَةٌ لا يَزِيدُ قُطْرُ الواحدِ مِنْهَا على ١٠٠ كم. وَقَدْ جَرَتْ دَراستُهُ الأَقْمارِ الغاليلِيَّةِ الأربعة، التي هي الأَكْبَرُ بِكَثِيرٍ بَيْنَ أَقْمارِ المُشْتَرِي، عن قُرْبٍ بواسطةِ السَّابِرَيْنِ الفَضائيَّينِ فُوياجيرِ «١» وَفُوياجيرِ «٢».

غاليليو غاليلي

الفَلَكِيُّ والفيزيائيُّ الإِيطاليُّ، غاليليو (١٥٦٤-١٦٤٢)، اِكْتَشَفَ أربعةً من أَقْمارِ المُشْتَرِي عامَ ١٦١٠ هـ: آيُو، أوروپا، جانيميد وكاليسنو.



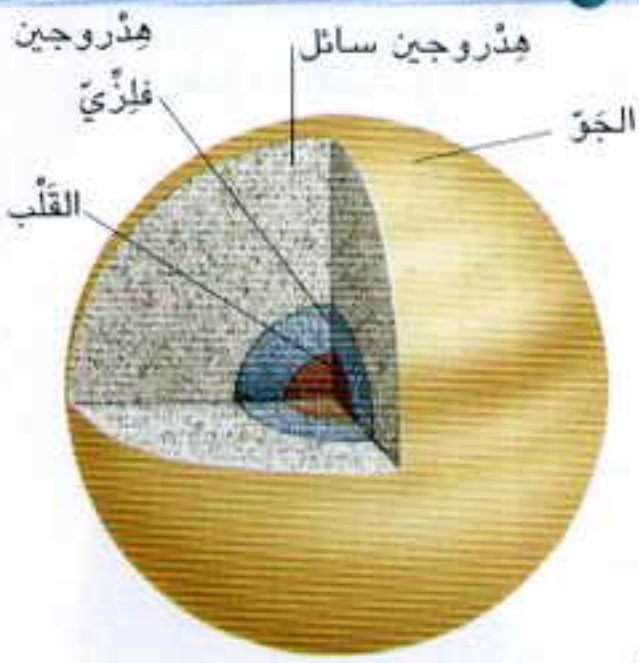
تُعْرَفُ بِالْأَقْمارِ الغاليلِيَّةِ. وَقَدْ سَخَّرَ غاليليو اِكْتِشافَهُ لإقْناعِ النَّاسِ بِأَنَّ الأرضَ لَيْسَتْ مَرَكْزَ الكَوْنِ، وَأَنَّها وَالْكَواكِبُ الأخرى تَدورُ حَوْلَ الشَّمْسِ.

لزيد من المعلومات انظر

- الجَوُّ ص ٢٤٨
- النِّظامُ الشَّمْسيُّ ص ٢٨٣
- القَمَرُ ص ٢٨٨
- السَّوَابِرُ الفَضائيَّةُ ص ٣٠١
- حَقائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨

زُحَل

زُحَل



بنية زُحَل

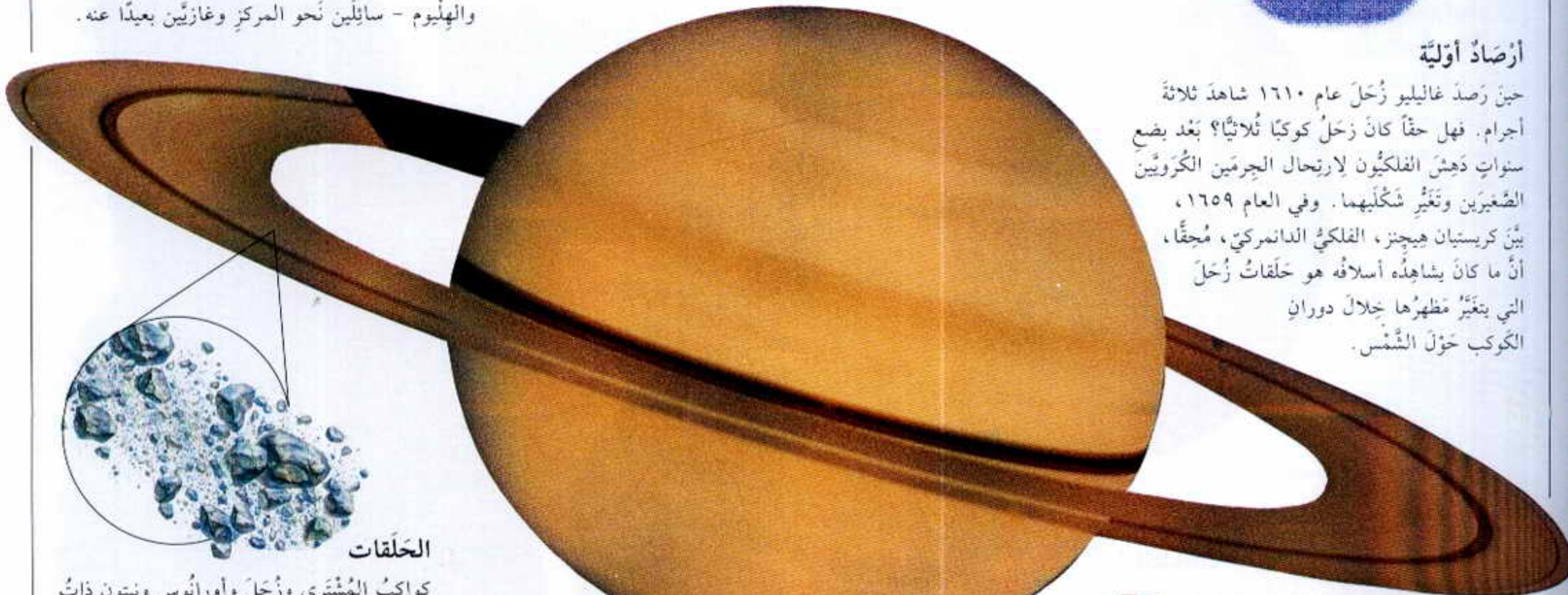
يتألف زُحَل من ثلاث طبقات متميزة - بدءاً من قلب مركزي جليدي صخري تحيط به طبقة من الهيدروجين الفلزي. أما الطبقة الخارجية فتتألف من الهيدروجين والهليوم - سائلين نحو المركز وغازيين بعيداً عنه.

كوكب زُحَل الذي يبدو، من الأرض، مجرد جرم لامع تبين أخيراً أنه جوهرة النظام الشمسي. فزُحَل عملاق غازي يشتهر بمنظومته المدهشة من الحلقات الملونة، وهو الكوكب السادس من حيث البعد عن الشمس - إذ يبلغ بعده ضعفي بعد جاره المشتري تقريباً. منذ العام ١٦١٠، أخذ الفلكيون يرصدون زُحَل بتلسكوباتهم، لكنهم لم يجمعوا على تفسير شافٍ لما كانوا يشاهدون. ولم يكتشف مدى وتعقيد المنظومة الزُحلية إلا بواسطة السابريين الفضائيين فوياجير أوائل الثمانينيات من القرن العشرين.



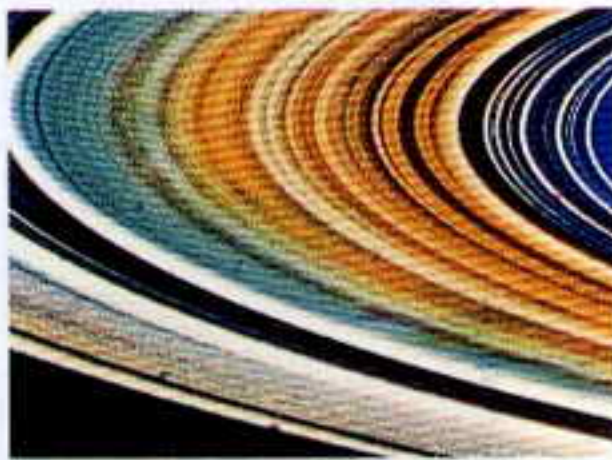
أرصاد أولية

حين رصد غاليليو زُحَل عام ١٦١٠ شاهد ثلاثة أجرام. فهل حقاً كان زُحَل كوكباً ثلاثياً؟ بعد بضع سنوات دهش الفلكيون لارتحال الجرمين الكرويين الصغيرين وتغير شكلهما. وفي العام ١٦٥٩، بين كريستيان هيجنز، الفلكي الدانمركي، محققاً، أن ما كان يشاهده أسلافه هو حلقات زُحَل التي يتغير مظهرها خلال دوران الكوكب حول الشمس.



الحلقات

كواكب المشتري وزُحَل وأورانوس ونبتون ذات حلقات؛ لكن حلقات زُحَل هي الأبهى روعة بكثير. لقد استتج الفلكيون، من الأرض، أن تلك الحلقات غير جامدة لأنه يمكنهم مشاهدة النجوم عبرها. أما السفن الفضائية فكشفت أن حلقات زُحَل تتألف من قطع صخرية جليدية لا تحصى - بعضها صغير كالغبار، وبعضها الآخر كبير كالجلاميد الضخمة. ويرى الفلكيون أن حلقات زُحَل طارئة عليه لا أصيلة فيه، وأنها تكونت بارتطام أقمار في مداراتها حوله.



النطق الغيمية

الغيوم الملونة، على سطح جو زُحَل، المؤلفة من الأمونيا وكيمائيات أخرى تكون نطقاً جزامية حول الكوكب. أحياناً يمكن مشاهدة بقع إهليلجية في هذه النطق - هي بالفعل عواصف هوجاء. ففي يوم عاصف في زُحَل قد تبلغ سرعة الرياح ١٨٠٠ كم/سا في أجوائه العليا.



خط استواء متبعج

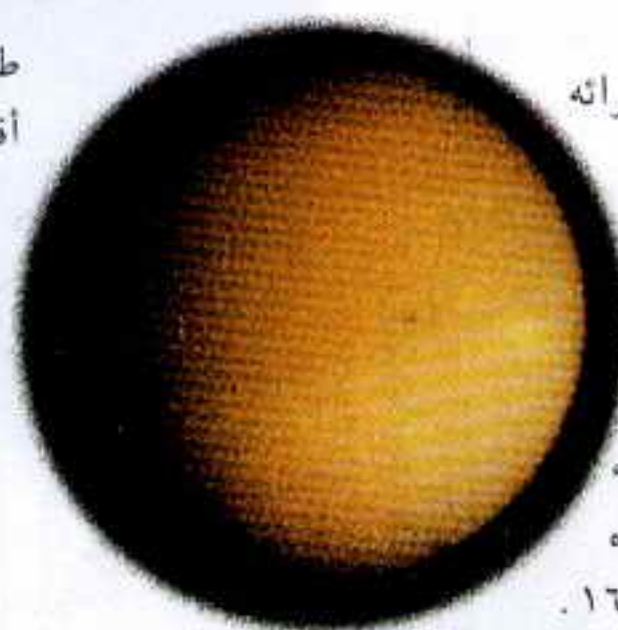
يدوم زُحَل بسرعة فائقة حول محوره فيلعب يومه ١٠ ساعات و ٣٠ دقيقة فقط. وهذا بالإضافة إلى كثافة الكوكب الخفيفة، يسبب انبعاج خط استواء زُحَل. والواقع، أن هذا الانبعاج هو الأبرز في النظام الشمسي.



قد يطفو زُحَل فعلاً كجبل الجليد - فيغوص منه ٧/١١ في الماء.

أقمار زُحَل

زُحَل هو صاحب أكبر عدد من الأقمار. فقد اكتشف له، من الأرض، أحد عشر قمراً، وسبعة أقمار أخرى من سفن الفضاء - وربما كان هناك المزيد. وكان أول هذه الأقمار وأكبرها تيتان، المكتشف عام ١٦٥٥. وهو فريد بين الأقمار بجوئه الكثيف الذي يغطي سطحه. ويلاحظ أن عشرة من أقمار زُحَل الصغيرة هي أجرام بطاطية الشكل غير منتظمة.



تيتان

لمزيد من المعلومات انظر

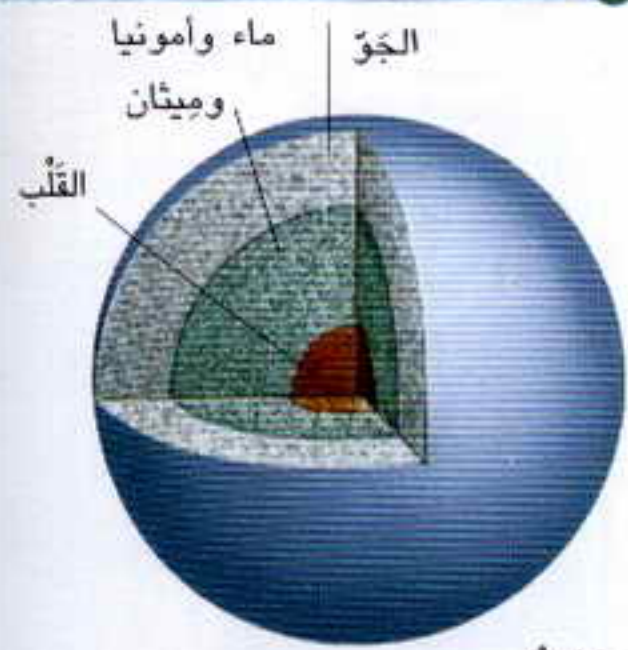
- الطقس والغوص ص ١٢٩
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- القمر ص ٢٨٨
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- حقائق ومعلومات ص ٤١٨

الكوكب الطقوي

رغم أن كتلة زُحَل تفوق كتلة الأرض بـ ٩٥ مرة، فإن معدل كثافته خفيض جداً بحيث إنه الكوكب الوحيد الأخف من الحجم نفسه من الماء. وهذا يعني أن زُحَل يطفو في الماء لأن وزنه النوعي أقل.

أورانوس

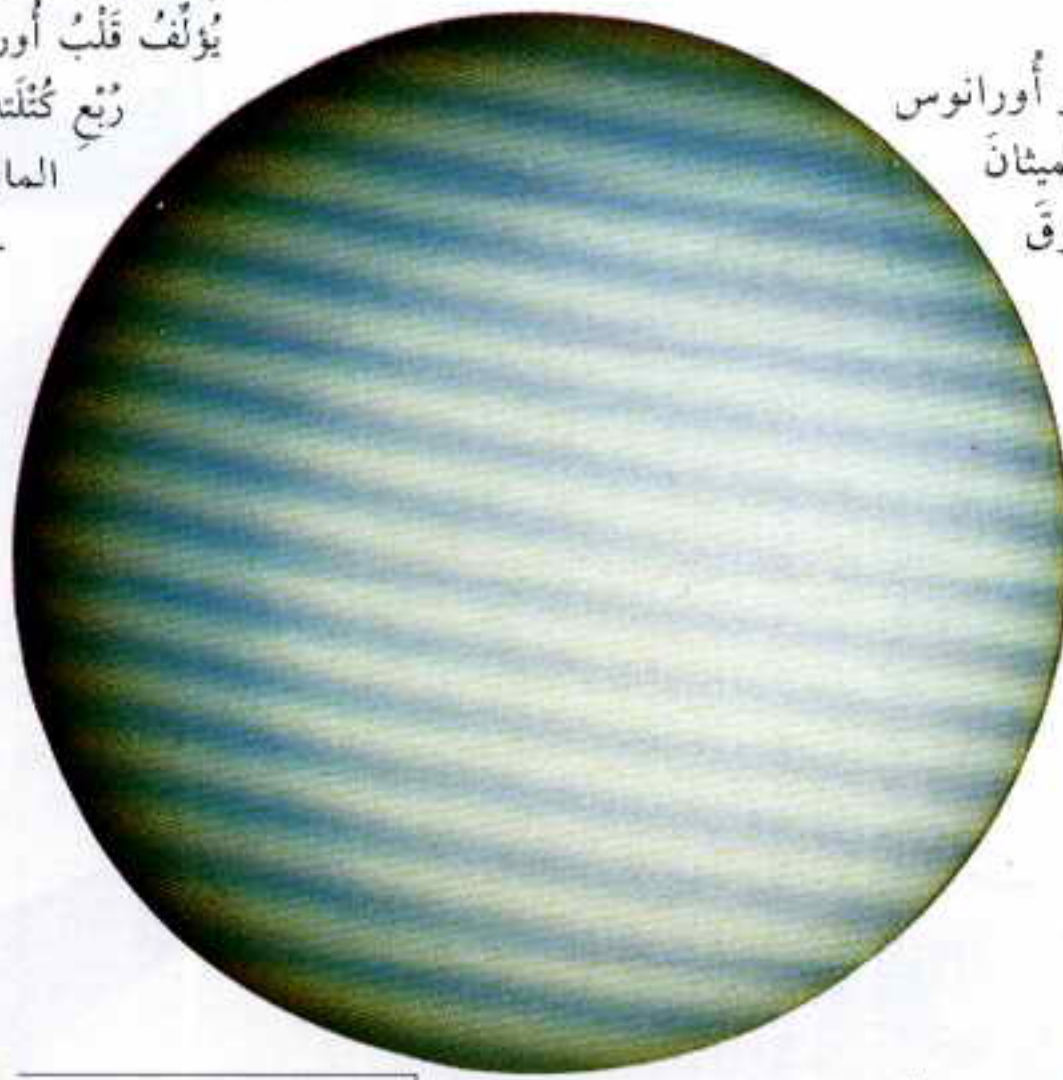
أورانوس



شِدَّة الفلكيُّونَ عندَ اكْتِشافِ أورانوس عامَ ١٧٨١ - أوَّلِ كوكبٍ يُكتَشَفُ في العَصْرِ الحَدِيثِ. فقد كانوا يعتقدون أن زُحَلَ هو نهايةَ النظامِ الشَّمْسيِّ؛ فجاءَ اكْتِشافُ أورانوس يُضَاعِفُ حَجْمَ هذا النظامِ دُفْعَةً واحدةً - إذ إنَّ بُعْدَ أورانوس عن الشَّمْسِ ضِعْفًا بُعْدَ زُحَلَ عنها. وظلَّتْ معلومتنا شَحِيحَةً عن أورانوس بسببِ بُعْدِهِ، حتى عَبَرَ على مَقْرَبَةٍ مِنْه السَّابِرُ الفِضائِيُّ فوياجير «٢»، فوجَدَهُ عِمْلَاقًا غَازِيًّا بارِدًا ذا منظومةٍ قَمَرِيَّةٍ تضمُّ ١٥ قَمَرًا ويُلْفُهُ ما لا يَقلُّ عن ١١ حَلَقَةً سوداءَ رَقِيقةَ القِوامِ.

بُنْيَةُ أورانوس

يُؤَلَّفُ قَلْبُ أورانوس الصَخْرِيُّ حِوَالِي رُبْعِ كُتْلَتِهِ وتُلَفُّ القَلْبَ طَبَقَةٌ مِنَ المَاءِ والأَمُونِيا والمِثَانِ في حَالَتِي التَّجَمُّدِ والسَّيُولَةِ. أمَّا الطَّبَقَةُ الخَارِجِيَّةُ فتَتألَّفُ مِنْ غَازِي الهِيدْرُوجِينِ والهَلِيُومِ.



الكوكبُ الأزرق

حَتَّى بِأَفْضَلِ التِّلْسُكُوبَاتِ الأَرْضِيَّةِ، لا يَبْدُو أورانوس أَكْثَرَ مِنْ كُرَّةٍ غَازِيَّةٍ ضَبَائِيَّةٍ زَرَقَاءَ، لَأَنَّ المِثَانِ فِي جَوْهٍ يَعْكِسُ لَوْنِي ضَوْءِ الشَّمْسِ الأَزْرَقِ والأَخْضَرِ. وَقَدْ بَدَأَ الكوكبُ عَبَرَ كَامِيرَاتِ فُويَاجير «٢» أَيْضًا كُرَّةً عَدِيمَةً المَعَالِمِ. لَكِنَّ المَعَالِمَةَ الحَاسُوبِيَّةَ لِلصُّورِ أَظْهَرَتْ أحيانًا سُحُبًا بِيضاءَ مِنْ بُلُورَاتِ المِثَانِ المُتَجَمِّدِ تَحْمِلُهَا الرِّيحُ حَوْلَ الكوكبِ.

صفحة من مذكرات هرشل

صفحة من مذكرات هرشل

اكتشافات علمية

١٧٨١ اكتشاف أورانوس

لم يَكُنْ الفَلَكِيُّ الألمانِي، وليم هرشل، يَبْحَثُ عَنْ كَوَاكِبَ؛ لَكِنْ أَثناءَ مَراقِبَةٍ رُوتينِيَّةٍ فِي ١٣ آذار (مارس) عام ١٧٨١ اكتَشَفَ أورانوس. هذا الاكتشاف جعلَ الفلكيِّينَ يَعتقدونَ بِوُجُودِ كَوَاكِبَ أُخَرَى غَيْرِ مُكْتَشَفَةٍ.

١٨٤٦ اكتشاف نبتون

احْتَسِبَ مَوْقِعُ نَبْطُونٍ لِعَدَمِ انْتِظامِ فِي حَرَكَةِ أورانوس، فَجَرَى البَحْثُ عَنْهُ حَيْثُ تَوَقَّعَ وَجُودُهُ. وَقَدْ نَجَحَ بِتَحْقِيقِ ذَلِكَ جُوهَانُ جَالِي مِنَ المَانِيَا فِي ٢٣ أيلول (سبتمبر) عام ١٨٤٦.

١٩٣٠ اكتشاف بلوتو

الأمريكيُّ كَلَايْدُ تومبوغ اكتَشَفَ بَلُوتو عَندَما كانَ يُقَارَنُ صَفائِحَ فُوتوغَرافيَّةٍ فِي كَانُونِ الثَّانِي (يناير) عام ١٩٣٠.

سَطْحُ أورانوس

لا تَرتَفِعُ دَرَجَةُ الحَرَارَةِ عَلى سَطْحِ أورانوس فَوْقَ -٢٠٩°س؛ مَعَ أَنَّ جَوْهَ يَنْقَلُ ما يَتَوَقَّرُ مِنَ الحَرَارَةِ حِوَالِيهِ، لَأَنَّ ما يَسْتَقْبِلُهُ الكوكبُ مِنْ ضَوْءِ الشَّمْسِ أَقلُّ بِحوَالِي ٣٧٠ مَرَّةً مِمَّا تَسْتَقْبِلُهُ الأَرْضُ. وَإِذَا قُدِّرَ لِرَائِدِ أَنْ يَزرُورَ أورانوسَ، فَسَيَجِدُهُ بارِدًا جَدًّا، وَهُوَ قَدْ يَغُوصُ فِي جَوْ الكوكبِ الخَائِنِ المُؤَلَّفِ مِنَ الهِيدْرُوجِينِ والهَلِيُومِ والمِثَانِ.



تيتينيا

أَقْمَارُ أورانوس أَجرامٌ قَائِمَةٌ مِنَ الصَخُورِ والجَلِيدِ. وَتِيتِنْيَا، الَّذِي تَغطِّي سَطْحَهُ أودِيَّةٌ عَمِيقَةٌ وَقُوَّهَاتُ بُرْكَانِيَّةٍ، هُوَ أَكْبَرُهَا.



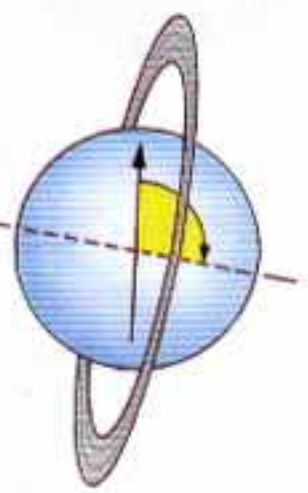
أقمار أورانوس

خَمْسَةٌ مِنَ أَقْمَارِ أورانوس الخَمْسَةُ عَشَرَ اكْتِشِفَتْ مِنَ الأَرْضِ. أمَّا العَشْرَةُ الأَصْغَرُ، فَقد كَشَفَتْهَا كَامِيرَاتُ فُويَاجير «٢» عام ١٩٨٦. أَبْعَدُ أَقْمَارِ أورانوس يُدْعَى أوبِرون - وَهُوَ يَدُورُ عَلى بُعْدِ ٥٨٢٦٠٠ كَم مِنَ الكوكبِ.

أَقْمَارُ أورانوس وَخَلْقَاتُهُ تَدُورُ حَوْلَ وَسْطِ الكوكبِ.

كوكبٌ مُجَنَّبٌ

يَبْدُو أورانوس قَائِمًا عَلى جَانِبِهِ. وَيُعتَقَدُ أَنَّ مِيلَهُ هَذَا حَدَثَ خِلالَ تَجَمُّعِ بَضْعِ القِطْعِ الضَخْمَةِ الَّتِي كَوَّنَتْهُ.



لمزيد من المعلومات انظر

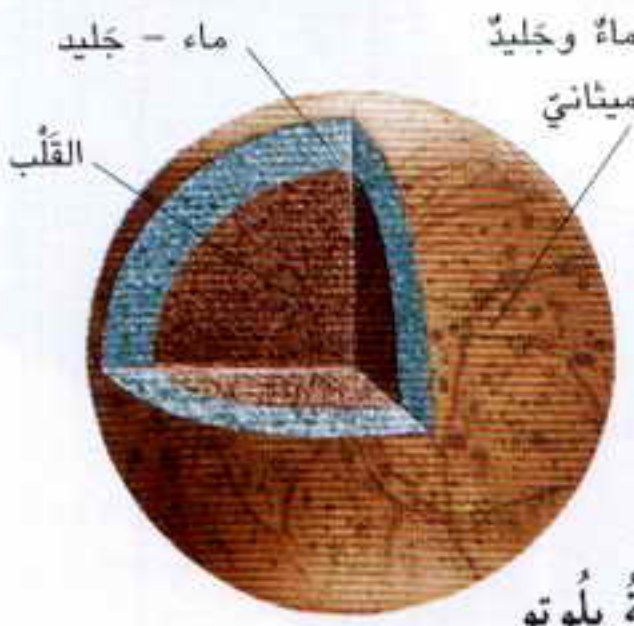
النَّظَامُ الشَّمْسيُّ ص ٢٨٣
زُحَلَ ص ٢٩١
نِبتُون وَبَلُوتو ص ٢٩٣
السَّوَابِرُ الفِضَائِيَّةُ ص ٣٠١
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤١٨

يَبْدُو مِيراندا، أَحَدُ أَقْمَارِ أورانوس، كَمَزِيْجٍ عَشْوَائِيٍّ مِنَ القُوَّهَاتِ العَمِيقَةِ والجُرْفِ الشَّاهِقَةِ والسَّهُولِ المُنْبَسَطَةِ. وَهِيَ فِي مُعْظَمِهَا بَنَى قَدِيمَةً؛ لَكِنَّ، مِنَ المَدْهَشِ أَنَّ بَعْضَهَا أَخْذَتْ عَهْدًا بِكَثِيرٍ.

نِيتُون وِپْلُوتو

پْلُوتو

نِيتُون



بِنْيَةُ پْلُوتو

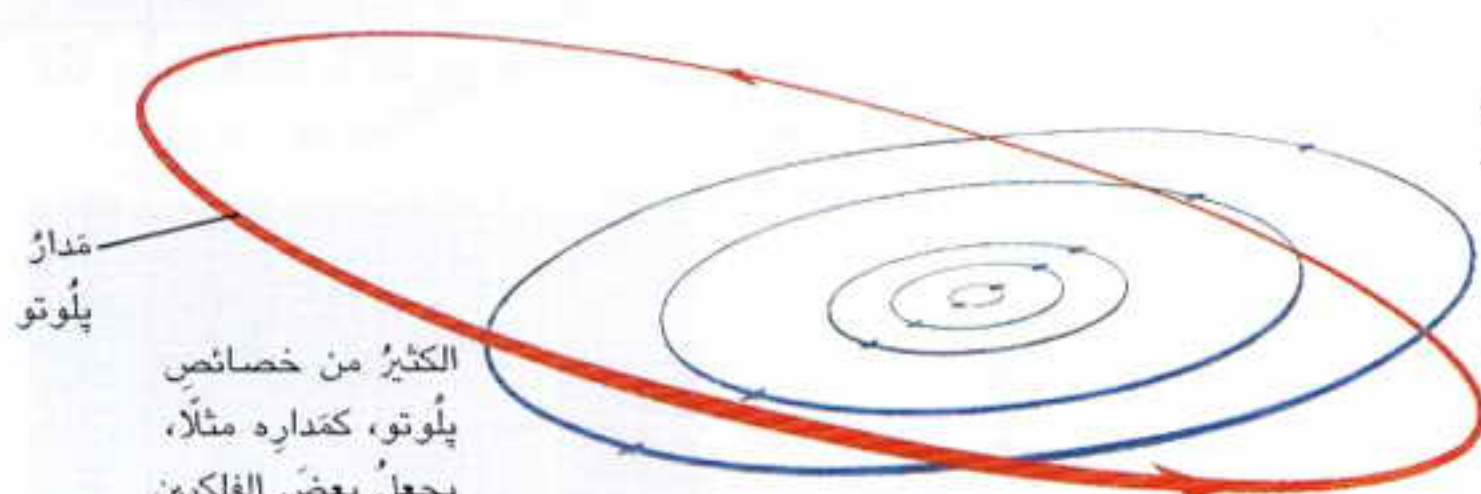
يختلف تركيب پْلُوتو اختلافاً كبيراً عن تركيب الكواكب الخارجية الأخرى. فكثافته تُوحى بأن له قلباً صخرياً. وسطح الكوكب طبقة من صقيع الميثان قد تكون غطاءً لطبقة مائية جليدية دونها.

پْلُوتو

پْلُوتو، أصغر كواكب النظام الشمسي، لم تبلغه سواير الاستكشاف بعد. والمعروف أن له قمراً وحيداً يُسمى شارون يبلغ حجمه حوالي نصف حجم الكوكب. وهو قريب منه نوعاً. وهذا يجعل من العسير فصل الجرمين بعضهما عن بعض عندما يُرصدان من الأرض.

سَطْحُ پْلُوتو

إذا قُدِّرَ لرائد سبي الحظ الهبوط على پْلُوتو، فسيجدُه عالماً مُتجمداً مُحشاً حاليك الظلمة. يبعد پْلُوتو عن الشمس قرابة أربعين مرة ضعف بُعد الأرض عنها، لذا قد تبدو الشمس منه مُجرّد نجم شديد السطوع فقط.



المَدَارَات

يدور پْلُوتو بشكل غريب - فمداره أكثر ميلًا وأكثر استطالة من مدار أي كوكب آخر. في الواقع، يكون پْلُوتو، في جزء من مداره، أقرب إلى الشمس من نِيتُون، بحيث يكون نِيتُون أبعد كوكب في النظام الشمسي خلال تلك الفترة.

لمزيد من المعلومات انظر

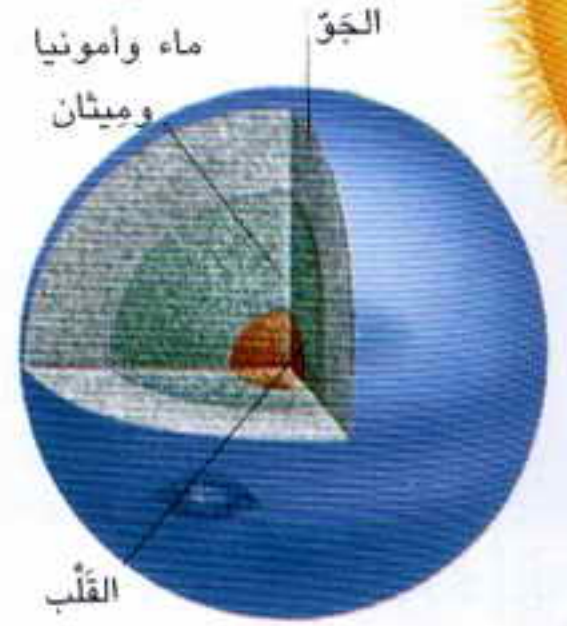
النظام الشمسي ص ٢٨٣
أورانوس ص ٢٩٢
السواير الفضائية ص ٣٠١
حقائق ومعلومات ص ٤١٨



الكوكب العاشر

يُظنُّ بعض الفلكيين أنه قد يكون هناك كوكب عاشر في النظام الشمسي. ويعود هذا إلى كون جاذبية پْلُوتو وحدها لا تُعَلِّل نمط مداري أورانوس ونِيتُون - مما يفترض وجود جرم أعظم كتلة يشدهما حول المسارين اللذين يتخذانهما.

يعتقد العلماء أن كتلة النظام الشمسي المحتسبة أكبر من الكتلة البنية فلكيًا اليوم.



بِنْيَةُ نِيتُون

نِيتُون ذو قلب صخري صغير يُحيط به خضم من الماء والأمونيا والميثان. ويتألف جوّه من الهيدروجين والهيليوم والميثان؛ والميثان يُكسب الكوكب لونه الشديد الزرقة.

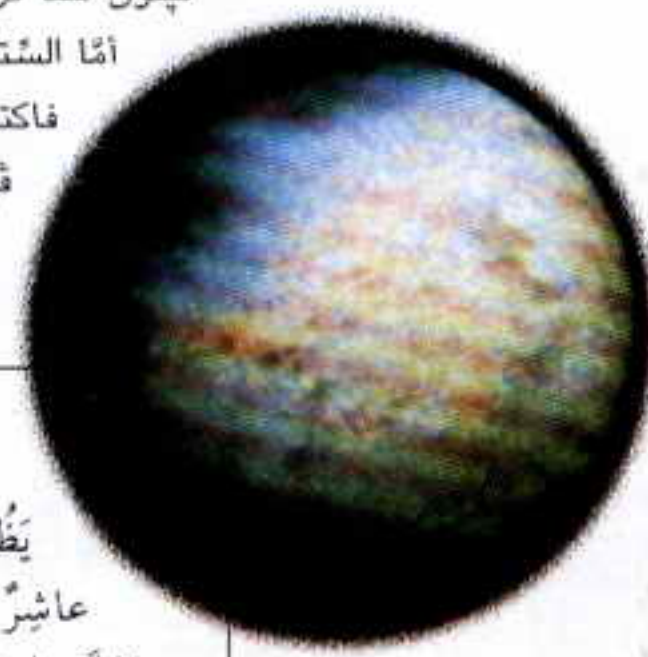
نِيتُون

تبيّن صور فوياجير أن نِيتُون كوكب أزرق تُرقّشه سحب بيضاء من بلورات الميثان الجليدي. أمّا البقعة السوداء العظيمة في نصف الكرة الجنوبي من الكوكب فهي في الواقع عاصفة ضخمة تدور حوله.



نريد، أحد أقمار نِيتُون

اكتُشف من الأرض اثنان من أقمار نِيتُون هما ترائتون وبريد. أمّا الستة الأخرى فاكتشفها فوياجير «٢».



سَطْحُ نِيتُون

الهابط على نِيتُون تُجابهه عواصف ما خُبر مثلها قبلاً. فلقد سجّلت السفينة الفضائية فوياجير سرعة رياح على نِيتُون تفوق التصوّر - بلغت ٢١٦٠ كم/سا.

أقمار نِيتُون

نصفاً كرة ترائتون، أحد أقمار نِيتُون الثمانية، مُختلفان جداً. فقطبه الجنوبي يحوي براكين ناشطة وقلنسوة قرنفلية من التتروجين والجليد الميثاني، بينما قطبه الشمالي مُزرق كثير الأودية الضحلة.



الكويكبات

لو جُمِعَتْ كُلُّ الكويكبات معًا لما كانت تُشكِّلُ إلا جُرَّةً صغيرةً فقط من كتلة الأرض.

هل تعلم أن هنالك ملايين الأجرام السيّارة فعلاً في مداراتها حول الشَّمْسِ؟ فإلى جانب الكواكب التسعة «الحقيقية»، هنالك بضعة ملايين من الكويكبات - التي هي قطع صخرية تتراوح أحجامها من نُتِفِ دقيقة من الغبار إلى قطع يبلغ قطرها بضعة مئات من الكيلومترات. ويدور معظم هذه الكويكبات في نطاق مداري بين مداري المريخ والمشتري، وتسلُّك كويكبات أخرى مداراتٍ مُختلفة. فمُنذ القرن الثامن عشر بدأت الأدلة تتوافر لدى الفلكيين على وجود عالم ضائع بين المريخ والمشتري. فبدأت حملة التفتيش باكتشاف الكويكب الأول والأكبر، سيريس، صدفةً عام ١٨٠١. وقد تمَّ حتى اليوم فهرسة وتحديد مواقع أكثر من ٥٠٠٠ كويكب.

النطاق

(أو الحزام) الكويكبي

لقد تكوَّنت الكواكب الرئيسيَّة من نطاق المواد المحيطة بالشَّمْسِ الفتية؛ لكنَّ المواد في منطقة الحزام الكويكبي لم تُكوَّن كوكبًا لأنَّ الجاذبيَّة الهائلة لكوكب المشتري المجاور منعتُها من التكتُّل معًا.

مدارات الكويكبات

معظم الكويكبات يدور حول الشَّمْسِ في النطاق الكويكبي، فيما تدور مجموعات أصغر أخرى في مداراتٍ مُختلفة. فالمجموعة الطروادية تتحرك على مسار المشتري نفسه؛ بعضها أمامه وبعضها الآخر خلفه. أمَّا زمرة الكويكبات الأبولونية فمداراتها تتقاطع مع مسار الأرض. ويدور كويكب ناء جدًا يدعى شيرون بين مداري زحل وأورانوس؛ وهو، على ذلك البعد من الشَّمْسِ، يتألَّف من الجليد لا الصخر.

الصورة الكويكبيَّة الأولى

حتى العام ١٩٩١، ظلَّت دراسة الكويكبات تعتمد أساسًا على التليسكوبات (المقاريب) الأرضية. ثمَّ في تشرين الأوَّل (أكتوبر) من تلك السنة، رصد السَّابر الفضائي، غاليليو، في طريقه إلى المشتري كويكبًا يدعى جاسييرا يقع على حافة النطاق الكويكبي، وصوَّره - فكانت الصورة الأولى المأخوذة عن قُرب لأحد الكويكبات. وجاسييرا هو كويكب صغير غير مُنتظم الشكل، يبلغ قطره ١٢ كم ويدور حول مَخوَره دورةً واحدة كلَّ سبع ساعات.



معظم الكويكبات غير مُنتظمة الشكل.

أحجام الكويكبات

يستطيع الفلكيون احتساب حجم كويكب ما بدراسة نُصُوغِهِ (كميَّة ما يعكسه من ضوء الشَّمْسِ)، أو بقياس زمن عبوره قُبالة خلفيَّة نجم ما، أو بالقياس المُباشر إذا اقترَب من الأرض. أكبر الكويكبات حجمًا هو سيريس - إذ يبلغ قطره ٩٣٣ كم، لكنَّ غالبيتها لا تتعدَّى ١٠٠ كم. والكثير منها، بالمقارنة، يُقرَّم بمبنى ناطحات السحاب (في الولايات المتحدة).

قُطِرَ أصغر كويكب شوهد من الأرض حتى الآن يُقارب ١٥٠ م. لكنَّ السَّوابر الفضائيَّة التي عبرت النطاق الكويكبي اكتشفت كويكبات لا يزيد قطرها على بضعة مليمترات.

إليانور هيلن

قَضَت الفلكيَّة إليانور هيلن عدَّة سنواتٍ تكتشف الكويكبات وترسم خرائطها - بِخاصَّة تلك التي كانت تقترُب من الأرض. تعمل هيلن في كاليفورنيا حيث تقوم بدراسة مُدَقَّقة لِلوَحَاتِ الفوتوغرافيَّة، باحثَّة بين النجوم عن كويكباتٍ جديدة. ويُسجَّل التحرك السريع نسبيًّا لِلكويكب قُبالة خلفيَّة من النجوم البعيدة على لَوَحَاتِ فوتوغرافيَّة مُقامَة على تليسكوبات خاصَّة.



تسمية الكويكبات

تُرَقَّم الكويكبات الجديدة أوَّلًا، وتُسمَّى لاحقًا حسب اقتراحات مُكتشفها. ١٨٠١ اكتشفت الكويكب الأوَّل فأُعطي الرقم ١ وُسِّمَ سيريس. ١٨٩١ أوَّل كويكب اكتشفت بالتصوير رقمه ٣٢٣ وُسِّمَ بروسيدا. ١٩٧٧ اكتشفت الكويكب رقم ٢٠٦٠ وُسِّمَ شيرون. مداره أبعد مدار معروف للكويكب. ١٩٨٣ أوَّل كويكب اكتشفت بواسطة سفينة فضائيَّة رقمه ٣٢٠٠، وُسِّمَ فينون.

لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشَّمسي ص ٢٨٣
المريخ ص ٢٨٩
المشتري ص ٢٩٠
المذنبات والنيازك ص ٢٩٥
السَّوابر الفضائيَّة ص ٣٠١

المذنبات والنيازك

يبدو المذنب ككرة ثلج هائلة مُتسخة تندفع خاطئة طريقها كالبرق حول أقاصي المنظومة الشمسية. إن بقايا السحابة التي كوّنت النظام الشمسي المتواجدة ما وراء مدار بلوتو، تحوي بلايين الكتل الجليدية المعروفة بالمذنبات. ومن حين لآخر ينزاح أحدها عن مداره، نتيجة ارتطام، إلى مسار نحو الشمس حيث يتبخر الجليد مكوناً رأساً ضخماً وذنباً طويلاً. وخلال انطلاقه، يطرح المذنب شفقاً صغيراً، تُشاهد من الأرض شهباً ضوئية تدعى النيازك. والفلكيون تواقون للحصول على عينة من مذنب لأنها ستكون بيّنة دلالية من مولد النظام الشمسي.

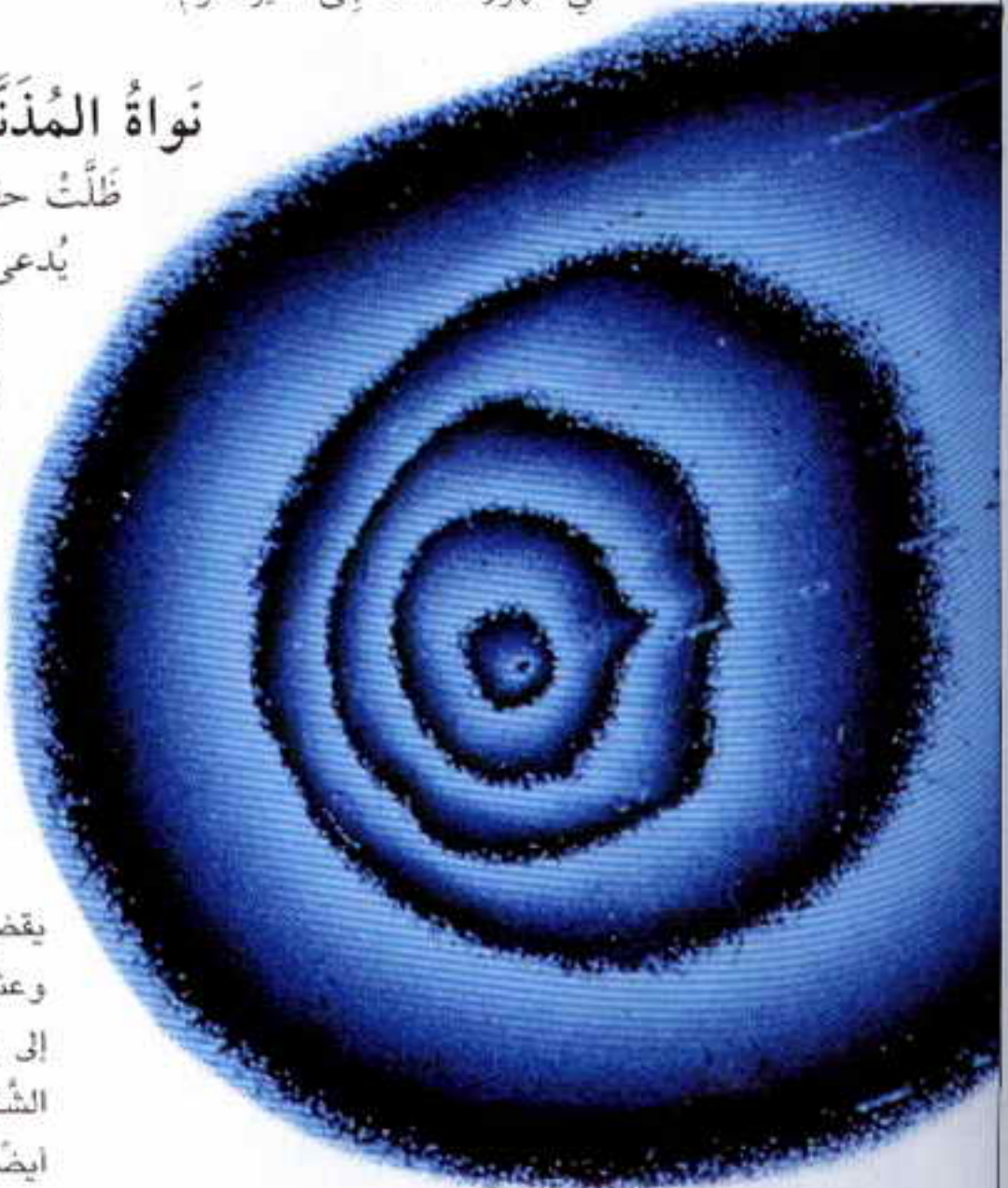


نجوم شعرائية

رُصدت المذنبات وسُجلت على مدى آلاف السنين لكن كُنهها لم يُذكر على حقيقته دائماً. فقد سُميت مرةً «بالنجوم الشعرائية»، وكان المُتطهرون (المؤمنون بالخرافات) يزورون في ظهورها المُفاجئ نذير شوم.

نواة المذنب

ظلت حقيقة نواة المذنب مجال تخمين الناس حتى مرّ ساير فضائي يدعى جيبوتو بمحاذاة نواة مذنب هالي عام ١٩٨٦. فأظهرت الصور المُبتعثة نواة عُسقلية (كحبة البطاطا) من الجليد المُتصخر طولها ١٦ كم وعرضها ٨ كم؛ فكان ذلك أول تأكيد لمقولة إن المذنبات هي كرات ثلجية عملاقة مُتسخة (كما تُنبأ بذلك العالم الأمريكي، فريد ويل، عام ١٩٤٩).



يقضي المذنب معظم حياته كرة ثلجية مُتسخة. وعندما يقترب من الشمس يتحول ثلجه السطحي إلى راس غازي، يُدعى ذؤابة، تكسحه إشعاعات الشمس إلى ذنب غازي - جارفة معه أيضاً ذبلاً من جسيمات الغبار.

المذنب وشت، كما بدأ في ١٣ مارس عام ١٩٧٦.

كلما ابتعد المذنب عن الشمس يتناقص ذنبه حتى يعود ثانية كرة ثلجية مُتسخة.

يشبه ذيل المذنب دائماً بعيداً عن الشمس. فإذا كان المذنب ينطلق بعيداً عن الشمس فذيله في مقدّمته.

مع اقتراب المذنب من الشمس، يبدأ باطراح بعض من مادته. إن مذنب هالي سيدور حول الشمس ٢٣٠٠ مرة قبل أن يتلاشى تماماً.



الشمس

ذنب غباري
ذنب غازي

الرّجم والنيازك

الرّجم قطع صخرية قديمة بين كوكبية (من الكويكبات أو من سطوح الكواكب، مثلاً) تعبر إلى جو الأرض، فيحترق بعضها الأصغر شهباً نيزكية فيه، ويصطبغ بعضها الآخر بسطح الأرض رُجماً. معظم الرّجم لا يتجاوز حجمها حجم قبضة اليد، لكن بعضها أكبر كثيراً. فرّجم بارينجر الذي هبط في أريزونا، بالولايات المتحدة، أحدث حفرة قطرها ١,٣ كم.

خلال شهر آب من كل عام، تعبر الأرض نطاقاً من الغبار، هو مادة من بقايا مذنب « سوفت تايل »؛ فيحدث ذلك وأبل الشهب الفرساوسية.

وابل شهب

تطرح المذنبات كميات هائلة من الغاز والغبار، يتجمع منها على مدى قرابة الألف سنة حلقة ضخمة. فإذا مرّت الأرض عبر تلك الحلقة، يحترق الغبار في جوها، فيرى ذلك من الأرض وابل شهب نيزكية.



حفرة رجمية في أريزونا، بالولايات المتحدة

إدموند هالي

عمل العالم الإنكليزي، إدموند هالي (١٦٥٦-١٧٤٢)، في عدة مجالات من الأبحاث الفلكية، لكنه اشتهر خاصة بأبحاثه حول المذنبات. بيّن هالي أن المذنبات التي رُصدت عامي ١٥٣١ و١٦٠٧، والمذنب الذي شاهده شخصياً عام ١٦٨٢، هي في الواقع المذنب نفسه، وتنبأ بعودته أواخر عام ١٧٥٩، وهذا ما حصل بالفعل - كما ظهر المذنب أيضاً في الأعوام ١٨٣٥، ١٩١٠ و١٩٨٦؛ ويُعرف بمذنب هالي. وكان هالي أول من بيّن أن مدارات بعض المذنبات تُعيدّها دورياً إلى جوار الشمس.

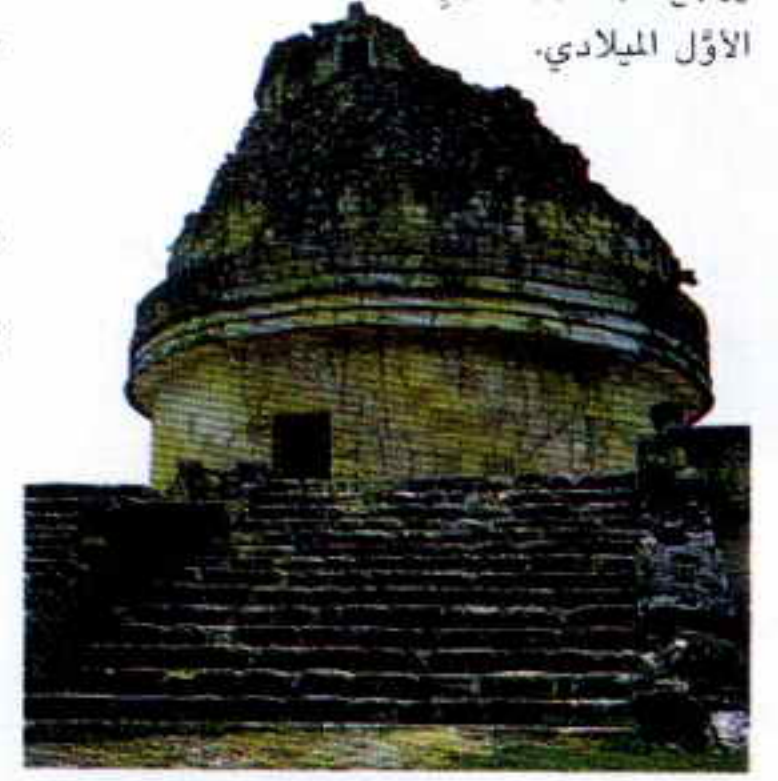


لمزيد من المعلومات انظر

النظام الشمسي ص ٢٨٣
الكويكبات ص ٢٩٤
حقائق ومعلومات ص ٤١٨

عِلْمُ الْفَلَكِ

مَرَصِدُ الْمَالِيَا فِي مَكْسِيكُو
يَرْجِعُ عَهْدُهُ إِلَى الْقَرْنِ
الْأَوَّلِ الْمِيلَادِيِّ.



عِلْمُ الْفَلَكِ الْقَدِيمِ

اعتمدت الحضارات العالمية القديمة في تقاويمها على حركة الأجرام في الفضاء. فاستُخدمت مواقع الشمس والقمر في قياس الزمن - بالأيام والشهور والفصول والسنين. كما استُخدمت الشمس والقمر والنجوم معالم هداية في السفر والملاحة برًا وبحرًا. ولما كان إدراك طبيعة تلك الأجرام وتحركاتها فاصراً اعتبرت بعض الظواهر الفلكية أحياناً نذير شؤم.



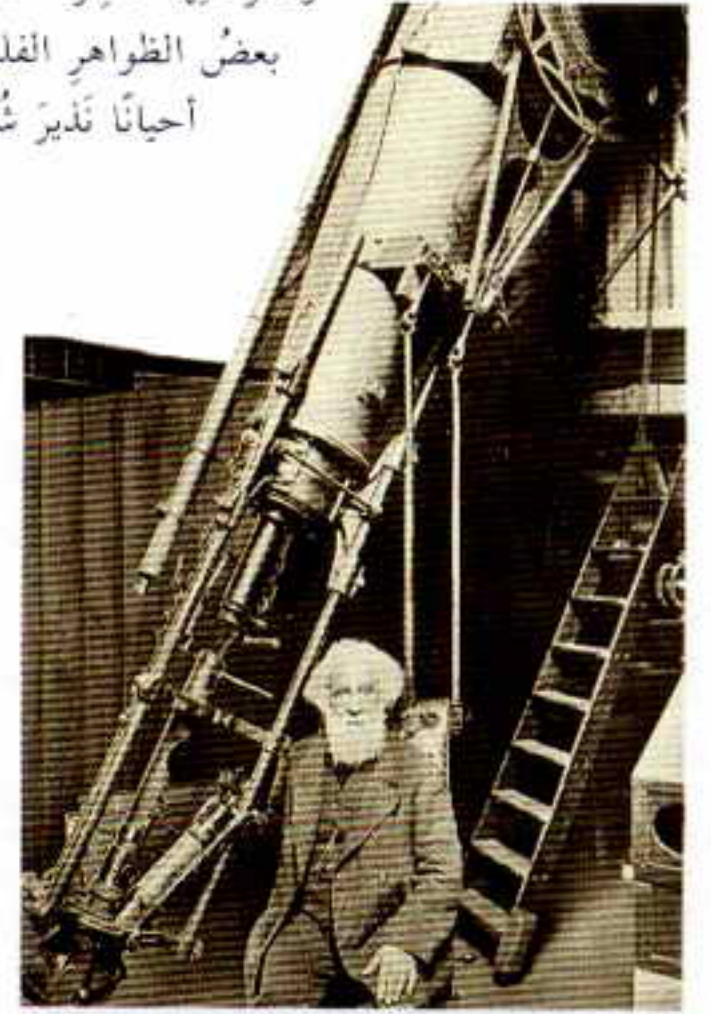
مَرَصِدُ
تَيْكُو بُرَاهِي

استخدام التقنيات (التكنولوجية)

كان الفلكيون القدماء يعتمدون على ما يُشاهدونه بالعين المجردة. ففي القرن السادس عشر وضع تيكو بُراهي من مَرَصِدِهِ أَدَقَّ القياسات الممكنة للنجوم بالعين المجردة. ثم استُخدم التلسكوب للمرة الأولى في القرن السابع عشر، وظلَّ على مدى السنين أداة الفلكيين الأساسية. واليوم يُستعان بالتلسكوبات الفائقة القدرة والسوايل والسواير الفضائية، على اختلافها، لجمع المعلومات عن الفضاء. ومن ثمَّ يُستخدم العلماء مُعدَّات مُتطورة مُعقَّدة لدراسة المعلومات المُجمَّعة.

أهداف جديدة طموحة

خلال القرن التاسع عشر تغيَّرت أهداف علم الفلك. فتحول اهتمام الفلكيين من فهرسة النجوم وتحديد مواقعها وحركاتها إلى دراسة ماهية الأجرام الفلكية وطبيعتها (علم الفيزياء الفلكية). ففي السنين من القرن التاسع عشر، حلَّ الفلكي البريطاني، وليام هيجنز، أضواء النجوم (الأطياف)؛ وسرعان ما كرس الفلكيون جهودهم في متابعة هذا العمل، فصنَّفوا النجوم تبعاً لأطيافها.



يستخدم الفلكيون

الحواسيب في تحليل الصور واحتساب المدارات والتحكم في المُعدَّات المختلفة كالتلسكوبات والسوايل والسواير الفضائية.

علم الفلك الحديث

ما إن يتوصل الفلكيون إلى إيجاب الأجوبة عن بعض تساؤلاتهم، حتى تُحلَّ محلَّها تساؤلات جديدة. فبين المسلم به الآن مثلاً أن بداية الكون تمت بالانفجار العظيم؛ لكن كيف تجمعت مواد ذلك الانفجار معاً لتكون المجرات؟ يستطيع العلماء اليوم معالجة أمثال هذه المسائل بسرعة أكبر بواسطة الحواسيب - فهذه، تحلُّ المسائل الرياضية المُعقَّدة، التي كانت تستغرق أسابيع منذ مئة سنة، في غضون سوياعات. كما تُمكن الحواسيب الفلكيين، حول العالم، من التواصل معاً لتتضافر جهودهم في فهمنا للكون.

يوهانس كبلر

الفلكي الدانماركي، تيكو بُراهي (١٥٤٦-١٦٠١)، قضى سنوات عديدة في فهرسة النجوم والكواكب وتحديد مواقعها بدقة فائقة. فمكَّنت أرصاده الدقيقة للكواكب مُساعدته يوهانس



كبلر (١٥٧١-١٦٣٠) من التوصل إلى قوانينه الفلكية الثلاثة المهمة في كشف طبيعة حركاتها فقانونه الأول يصف أشكال مدارات الكواكب؛ وقانونه الثاني يحدِّد سرعة الكواكب في مداراتها، وقانونه الثالث يبيِّن علاقة المدارات الكوكبية المُختلفة بعضها ببعض.

لمزيد من المعلومات انظر

- النجوم ص ٢٧٨
- الكواكب (الأبراج) ص ٢٨٢
- النظام الشمسي ص ٢٨٣
- الشمس ص ٢٨٤
- التلسكوبات على الأرض ص ٢٩٧
- التلسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- السواير الفضائية ص ٣٠١

التلسكوبات على الأرض

مُذُنَّب هالي ١٩١٠



قَبْلَ اختراع التِّلْسُكُوب (المِقْرَاب)، كانت الوسيلة الوحيدة لِرَصْد الكَوْن هي العَيْن المَجْرَدَة. ومنذُ اسْتخدَم غاليليو التِّلْسُكُوب لِلْمَرَّة الأولى لِرَصْد الأَفلاك عام ١٦٠٩، أخذَ الفلكيُّون يُحْدِثون أَبْصَارَهُمْ أبْعَدَ فأبْعَدَ في أرجاءِ الفَضاء؛ فاستطاعوا رؤيةَ تفاصيلَ دقيقةٍ من سُطُوح الكواكبِ ومُشاهدةَ الكثيرِ من النُجُوم التي لم تكن تُرى فيما مَضَى. وقد اسْتخدَمَتِ التِّلْسُكُوبَاتُ الأولى عَدَسَاتٍ لِتُجَمِّعَ ضوءَ النُجُوم فَعُرِفَتْ بالتِّلْسُكُوبَاتِ الكاسِرة. أمَّا التي تَسْتخدِمُ المرايا بَدَل العَدَسَاتِ فَتُسَمَّى التِّلْسُكُوبَاتِ العاكِسة. ولِلتِّلْسُكُوبَاتِ الحديثةِ مُلْحَقَاتٌ تُمْكِنُهَا من أخذِ القياساتِ وتحليلِ ضوءِ النُجُوم. ولا يَزَالُ التِّلْسُكُوبُ الصَّدِيقُ المُفْضَلُ عِنْدَ الفلكيِّين.

الصُّورُ التِّلْسُكُوبِيَّة

يبدأ التَّقَاطُ الصُّورِ من الفَضاء فوتوغرافيًا (كصُورِ المُذُنَّبَاتِ مثلاً) منذُ أوائلِ عَهْدِ التصويرِ الفوتوغرافي. واليوم، يَلْتَقِطُ الفلكيُّونَ الصُّورَ من خِلالِ التِّلْسُكُوبَاتِ، فَتُسَجَّلُ الصُّورَةُ على رَقِيقَةٍ إلكترونيَّةٍ أو لَوْحَةٍ فوتوغرافيَّةٍ، وقد تُسْتخدَمُ الحواسِبُ في إبرازِ تفاصيلِها.

المَرَاصِدُ

تَتطلَّبُ التِّلْسُكُوبَاتُ مَكانًا مُناسِبَةً تُدعى مَرَاصِدُ. وتُقامُ هذه المَرَاصِدُ عادةً على قِمَمِ الجِبَالِ، حيثُ يَسَنُّ لِلتِّلْسُكُوبِ الحُصُولَ على المنظرِ الأفضلِ لِلْفَضاءِ - بعيدًا عن أضواءِ المُدنِ ومُتَجَاوِزًا الكثيرَ من التأثيراتِ المُعيقَةِ في جَوِّ الأرضِ.

فَجَّرُ في سماءِ الطَّبَقِ العاكِسِ الضَّخْمِ
لِتِّلْسُكُوبِ أَرِيْسِيْبُو الرادِيوِي.



التِّلْسُكُوبَاتُ الرَادِيوِيَّة

لِجَمْعِ الأمواجِ الالاسلكيَّةِ من الفَضاء، يَسْتخدِمُ الفلكيُّ تِّلْسُكُوبًا رادِيوِيًّا، يَعْمَلُ كالتِّلْسُكُوبَاتِ البَصَرِيَّةِ (التي تُجَمِّعُ الضوءَ) - فَيُوجِّهُ طَبَقَهُ نحوَ الفَضاءِ لِجَمْعِ الأمواجِ وتَبْيِيرِها. ولَمَّا كانت الأمواجُ الالاسلكيَّةُ أطولَ أمواجًا من الضوءِ، وَجِبَ أن يكونَ التِّلْسُكُوبُ الالاسلكيُّ أَكْبَرَ بكثيرٍ من التِّلْسُكُوبِ البَصَرِيِّ لِجَمْعِ كَمِيَّةِ المَعْلُومَاتِ ذاتِها. ويوجدُ التِّلْسُكُوبُ ذو الطَّبَقِ الأحاديِّ الأكبرُ في العالمِ في أَرِيْسِيْبُو، بورتوريكو. وقد أقيمَ طَبَقُهُ البالغُ قُطْرَهُ ٣٠٥ أمتارَ فوقَ تجويفٍ طبيعيٍّ في الأدغالِ، ففي أثناءِ دَوْرانِ الأرضِ يَواجهُ الطَّبَقُ أَقسامًا مُختلفَةً من السَّمَاءِ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الانعكاس ص ١٩٤
- العَدَسَات ص ١٩٧
- الآلاتُ البَصَرِيَّة ص ١٩٨
- التِّلْسُكُوبَاتُ في الفَضاء ص ٢٩٨

في نيومكسيكو، يَسْتخدِمُ
المِقْرَابُ الرادِيوِيُّ الكبيرَ المتعدَّدُ الأطباقِ
صَفِيفَةً من ٢٧ طَبَقًا قُطْرُ الواحدِ منها ٢٥ مترًا.



يَقَعُ مَرَصَدُ سِيرُو تُولُولُو
(لعموم أمريكا) على
سلسلةِ جبالِ الأنديزِ.

التِّلْسُكُوبَاتُ ضخمةٌ
جداً وباهظةُ التكلفةِ
بحيثُ تشتركُ عدَّةُ
دُولٍ في بناءِ واحدٍ
منها وأَسْتخدِمُه.

صُورَةُ بالرَّادِيوِ لِسَدِيمِ
الشَّرْطَانِ التَّقَطُّطِ بواسطةِ
المِقْرَابِ الرادِيوِيِّ الكبيرِ
المتعدَّدِ الأطباقِ في
نيومكسيكو.

الإِطْلَالُ على الماضي السَّحِيقِ

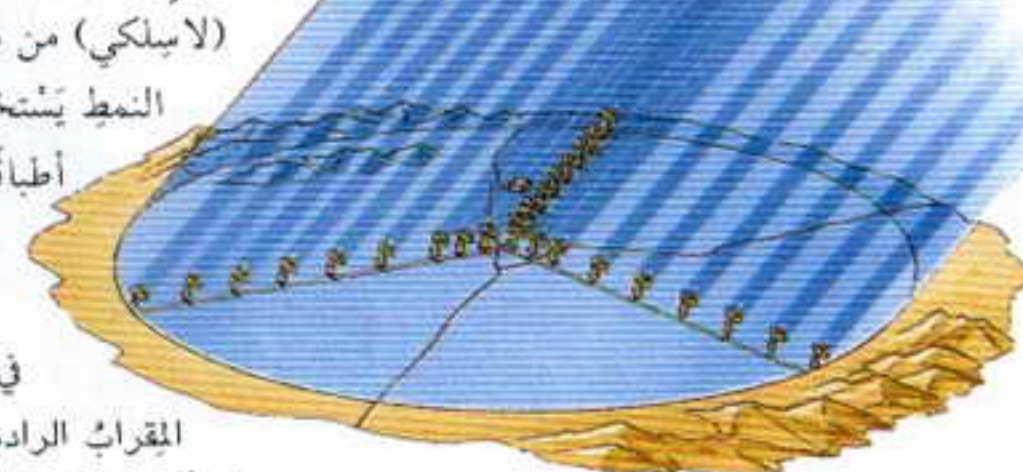
إِذَا تَابَعَ الفلكيُّونَ رَصْدَ الأجرامِ البعيدةِ أَكْثَرَ فأكْثَرَ، فَقَدْ يَسْتَطِيعُونَ النَّظَرَ أبْعَدَ فأبْعَدَ في الماضي السَّحِيقِ - رُبَّمَا نحوَ بدايةِ الكَوْنِ ذاتِها. ولتَحقيقِ ذلكِ يَحْتَاجُونَ إلى تِّلْسُكُوبَاتٍ ذاتِ مَرَايا كَبِيرَةٍ جَدًّا لِجَمْعِ الضوءِ. ويَضُمُّ مَرَصَدُ سِيرُو تُولُولُو في الشيليِ تِّلْسُكُوبًا عاكِسًا ذا مَرَاةٍ ضخمةٍ يَبْلُغُ قُطْرُها ٤ أمتارَ. ولَمَّا كانَ من الصَّعْبِ صُنْعُ مَرَاةٍ أَكْبَرَ (لأنَّ الرُّجَاجَ يَنْكسرُ)، فَقَدْ طُوِّرَتْ بَعْضُ التِّلْسُكُوبَاتِ المُتعدِّدةِ المرايا، وهي تَسْتخدِمُ مَجْمُوعَاتٍ من المَرَايا الصَّغيرةِ المُتضامَّةِ بحيثُ تُعَاوِلُ قُدْرَتَها، على جَمْعِ الضوءِ، قُدْرَةَ مَرَاةٍ ضخمةٍ جَدًّا.

تِّلْسُكُوبَاتُ تَعْمَلُ مَعًا

يُمْكِنُ ضَمُّ عِدَّةِ تِّلْسُكُوبَاتٍ صَغِيرَةٍ لِتَعْمَلَ مَعًا كَتِّلْسُكُوبٍ ضَخْمٍ. ويقومُ حاسوبٌ بِضَمِّ المَعْلُومَاتِ التي يَسْتَقْبِلُها كُلُّ طَبَقٍ. وتُعرفُ هذه التَّقْنِيَّةُ بِعِلْمِ القياسِ بالتَّدَاخُلِ الضَّوئِيِّ، وقد اسْتخدَمَتِ لِلْمَرَّةِ الأولى في السَّنِيَّاتِ من القرنِ العَشرِينِ. وَجَدِيرُ بالذِّكْرُ أنَّ أَكْبَرَ تِّلْسُكُوبِ رادِيوِيٍّ (لايِسلكي) من هذا النمطِ يَسْتخدِمُ

أطباقًا مُقامَةً

في قَارَاتٍ مُختلفَةٍ!



صُورَةُ بالرَّادِيوِ

اكتُشِفَتِ أمواجُ الفَضاءِ الرَادِيوِيَّةِ (المُسَمَّاةُ أحيانًا بالضَّوْءِ الالاسلكيَّةِ) عام ١٩٣١. لِكِنَّ إقامَةَ التِّلْسُكُوبَاتِ الرَادِيوِيَّةِ (الالاسلكيَّةِ) واسْتخدَامُها تأخَّرَا حَتَّى أواخرِ العَقدِ التَّالِي. في هذه التِّلْسُكُوبَاتِ تُحوَّلُ الأمواجُ الرَادِيوِيَّةُ إلى إشاراتٍ كهربائيَّةٍ يُمْكِنُ اسْتخدَامُها لِتَأليفِ صُورٍ مَصَادِرِها.

التلسكوبات في الفضاء

يَحْجُبُ جَوُّ الْأَرْضِ الْعَدِيدَ مِنَ الْإِشْعَاعَاتِ، فَيَقِينَا مِنْهَا كَمَا تَقِي النِّظَارَاتُ الشَّمْسِيَّةُ أَعْيُنَنَا. وَهَذَا الْجَوُّ يُؤَمِّرُ الضَّوْءَ، لَكِنَّ الضَّوْءَ أَيْضًا يَتَأَثَّرُ بِهِ - فَتَبْدُو الصُّوَرُ غَبِشَةً وَالنُّجُومُ لَأَلَاءَةً؛ وَهِيَ فِي الْوَقَاعِ مُطَّرِدَةٌ الشُّطُوعِ. إِذَا أَخَذَ الْفَلَائِكِيُّونَ مُنْذُ مُنْتَصَفِ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ يَبْعَثُونَ التَّلِسْكَوبَاتِ إِلَى الْفَضَاءِ لِلْحَصُولِ عَلَى صُورٍ وَمَشَاهِدٍ أَفْضَلَ لِلْأَفْلَاكِ مِنْ حَوْلِنَا. كَمَا إِنَّ التَّلِسْكَوبَاتِ فِي الْفَضَاءِ تَلْتَقِطُ مَشَاهِدَ لِلْكَوْنِ لَا يُمَكِّنُ مُشَاهَدَتَهَا مِنَ الْأَرْضِ؛ وَتَعْمَلُ هَذِهِ التَّلِسْكَوبَاتُ لَيْلَ نَهَارٍ - تُسَجِّلُ الْمَعْلُومَاتِ وَتُرْسِلُهَا إِلَى الْأَرْضِ لِتُحْلَلَ وَتُدْرَسَ. ثُمَّ إِنَّ التَّلِسْكَوبَاتِ تُمَكِّنُنَا مِنْ تَفْحُصِ الْفَضَاءِ بِأَجْهَازٍ حَسَّاسَةٍ لِمُخْتَلِفِ الْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ مِنْهَا وَفَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ وَالْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ.



المحاولات الأولى

خِلَالَ الثَّلَاثِيَّاتِ وَالْأَرْبَعِيَّاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ كَانَتْ الْمَنَاطِيقُ إِحْدَى الْوَسَائِلِ الْقَلِيلَةِ لِحَمْلِ الْأَجْهَازِ الْعِلْمِيَّةِ إِلَى الْفَضَاءِ؛ وَكَانَتْ الصَّوَارِيخُ الْخِيَارَ الْآخَرَ. وَهِيَ، مَتَى خَلَقَتْ إِلَى أَرْتِفَاعٍ كَافٍ، يَتَسَنَّى لَهَا خِلَالَ دَقَائِقٍ قَلِيلَةٍ تَسْجِيلُ مَشَاهِدٍ كَصُورٍ لِلشَّمْسِ مِثْلًا بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ، قَبْلَ سُقُوطِهَا عَائِدَةً إِلَى الْأَرْضِ.

يَنْقَسِمُ جَوُّ الْأَرْضِ إِلَى طَبَقَاتٍ مُخْتَلِفَةٍ هِيَ: الْغِلَافُ السُّفْلِي (الْتَرُوبُوسْفِيرُ)، وَالْغِلَافُ الطَّبَقِي (الْسْتِرَاتُوسْفِيرُ)، وَالْغِلَافُ الْمَتَوَسِّطُ (الْمِيُوسْفِيرُ) وَالْغِلَافُ الْحَرَارِي (الْتَرْمُوسْفِيرُ)؛ وَتَحْجُبُ الْأَغْلَافُ الْمُخْتَلِفَةُ إِشْعَاعَاتٍ مُخْتَلِفَةً.

يَصُدُّ الْغِلَافُ الْحَرَارِي أَشْعَةً جَامَا ذَاتَ الْأَطْوَالِ الْمَوْجِيَّةِ الْقَصِيرَةِ.

الْأَشْعَةُ السَّيْنِيَّةُ

الْأَشْعَةُ فَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ

صُورٌ بِالْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ

إِنَّ بَعْضَ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ تَصِلُنَا مِنَ الْفَضَاءِ الْخَارِجِيِّ، لَكِنَّهَا تَتَدَاخَلُ مَعَ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ الَّتِي تَبْنَعُهَا الْأَرْضُ نَفْسُهَا. إِذَا، يُفْضَلُ الْفَلَائِكِيُّونَ وَضَعَ تِلِسْكَوبَاتِ الْأَشْعَةِ دُونَ الْحُمْرَاءِ فِي الْفَضَاءِ - حَيْثُ بَاسِطَاعَتِهَا كَشَفَ الْمَصَادِرَ الْحَرَارِيَّةِ الَّتِي لَا تَبْنَعُهَا التَّلِسْكَوبَاتُ الصُّوْتِيَّةُ.

طَبَقَةُ الْغِلَافِ الْحَرَارِيِّ الْعُلْيَا

الإشعاع

أَمْوَاجُ الضَّوْءِ هِيَ إِحْدَى أَنْوَاعِ

الْإِشْعَاعَاتِ الْعَدِيدَةِ الَّتِي تَبْنَعُهَا الْأَجْرَامُ

الْفَضَائِيَّةِ. وَالْأَنْوَاعُ الْآخَرَى ذَاتُ أَطْوَالِ

مَوْجِيَّةٍ مُخْتَلِفَةٍ. فَالْأَمْوَاجُ الرَّادِيُوتِيَّةُ، مِثْلًا، ذَاتُ طُولٍ مَوْجِيٍّ يَفُوقُ

طُولَ أَمْوَاجِ الضَّوْءِ؛ بَيْنَمَا الْأَطْوَالُ الْمَوْجِيَّةُ لِلْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ

أَقْصَرُ. وَلَيْسَ كُلُّ هَذِهِ الْإِشْعَاعَاتِ قَادِرَةً عَلَى اخْتِرَاقِ جَوِّ

الْأَرْضِ لِيَلْبُغَ سَطْحُهَا - فَمُعْظَمُ الضَّوْءِ وَبَعْضُ الْأَشْعَةِ

دُونَ الْحُمْرَاءِ قَادِرَةٌ عَلَى ذَلِكَ، أَمَّا أَشْعَةُ غَامَا، فَلَا.

فَإِذَا رَغِبَ الْفَلَائِكِيُّونَ تَجْمِيعَ مِثْلِ هَذِهِ الْأَشْعَةِ (الَّتِي

لَا تَسْتَطِيعُ اخْتِرَاقَ جَوِّ الْأَرْضِ) فَعَلَيْهِمْ إِرْسَالُ

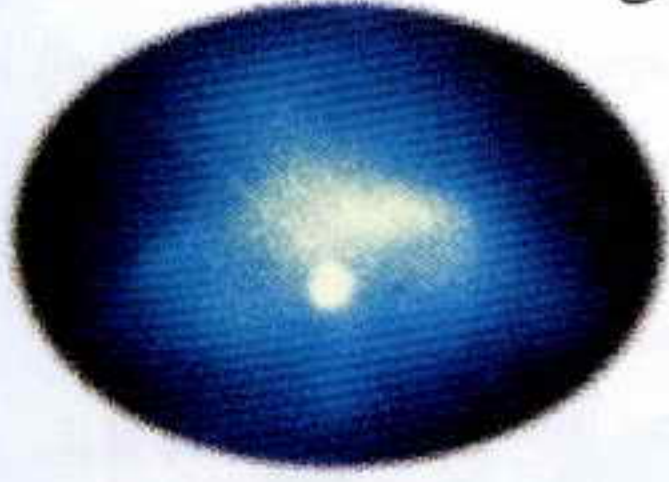
مُعَدَّاتِهِمْ إِلَى الْفَضَاءِ الْخَارِجِيِّ لِذَلِكَ.

الْغِلَافُ الطَّبَقِيُّ الْعُلْوِيُّ

أَعْلَى الْغِلَافِ السُّفْلِيِّ

سَطْحُ الْأَرْضِ

تَصِلُ أَمْوَاجُ الضَّوْءِ إِلَى الْأَرْضِ، لَكِنَّ مَسِيرَهَا عَبْرَ الْجَوِّ يُؤَثِّرُ فِيهَا.



صُورَةٌ لِسَدِيمِ الشَّرْطَانِ بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ (أَشْعَةُ إِكْس)

صُورٌ بِالْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ

مِنْذُ اكْتِشَافِ الْأَشْعَةِ السَّيْنِيَّةِ الْفَضَائِيَّةِ لِلْمَرَّةِ الْأُولَى، عَامَ ١٩٤٨، وَالْفَلَائِكِيُّونَ يَتَفَحَّصُونَ الْكَوْنَ كَمَا تُبَيِّنُهُ تِلْكَ الْأَشْعَةُ - إِذْ يَمَقْدُورُ الْأَشْعَةُ السَّيْنِيَّةُ تَبْيَانُ «الْبُقْعِ الْحَامِيَةِ» أَوْ الْمَنَاطِقِ النَّاشِطَةِ الْفَعَالِيَّةِ فِي الْفَضَاءِ؛ كَمَا تُسَاعِدُنَا أَيْضًا فِي مُشَاهَدَةِ أَجْرَامِ، كَالْكَلْبَسَارَاتِ، تَبْدُو بِدُونِهَا ضَبَائِيَّةً خَافِتَةً.

يُسْتَعْمَلُ تِلِسْكَوبٌ قَبْلَ مَرَايَا لِتَجْمِيعِ الضَّوْءِ وَالْأَشْعَةِ فَوْقَ الْبِنْفَسْجِيَّةِ مِنَ الْفَضَاءِ وَتَبْيِينِهَا.

حَاسِبُوتُ السَّائِلِ يَتَحَكَّمُ فِي التَّلِسْكَوبِ وَيَنْقُلُ الْمَعْلُومَاتِ مِنَ الْأَرْضِ وَإِلَيْهَا.

تِلِسْكَوبٌ هَبِلٌ

أُطْلِقَ تِلِسْكَوبٌ

هَبِلَ الْفَضَائِي فِي

نَيْسَانَ (أَبْرِيلَ) عَامَ

١٩٩٠. وَهُوَ يَدُورُ حَوْلَ

الْأَرْضِ عَلَى عُلوٍّ ٥٠٠ كم،

وَيَجْمَعُ مِنْ مَوْقِعِهِ صُورًا مِنْذُ مِلْيُونِ

السَّنِينَ تُبَيِّنُ لِلْفَلَائِكِيِّينَ فُرْصَةَ الْإِطْلَاقِ عَلَى

تَكُونِ الْكَوْنِ الْفَنِيِّ بَعْدَ الْانْفِجَارِ الْعَظِيمِ.

وَيَقُومُ عَلَى صِيَانَةِ هَذَا التَّلِسْكَوبِ فِي

الْفَضَاءِ دَوْرِيًّا رُؤَادٌ مِنَ الْمَكُونِ الْفَضَائِيِّ.



لمزيد من المعلومات انظر

الْقَلْبُ الْكَهْرِمَغْنِطِي ص ١٩٢

الْآلَاتُ الْبَصَرِيَّةُ ص ١٩٨

الْجَوُّ ص ٢٤٨

التَّلِسْكَوبَاتُ عَلَى الْأَرْضِ ص ٢٩٧

الصَّوَارِيخُ ص ٢٩٩

السَّوَاتِلُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠

الصَّوَارِيخ

للإفلات من جاذبية الأرض لا بُدَّ من الانطلاق في صاروخ. لذا تُستخدم الصواريخ في دسّر السّوَاتِلِ والرُّوَادِ إلى الفضاء، وبدونها كانت تظلُّ مَعْلُومَاتُنَا عن مُحِيطِ أَرْضِنَا قليلة، ولا كُنَّا نَعْمِنَا بالكثير من الفوائد التي أتاحتها لنا تلك السّوَاتِلُ. تُولّد الصواريخ قوّة دسّر تدفعها صُعدًا بحرق الوقود.

والواقع أنَّ الوقود يشغلُ مُعْظَمَ حَجْمِ الصاروخ - فحمولته (من الرُّوَادِ والآلات) لا تشغلُ بالمقارنة إلا جُزْءًا صغيرًا من حَجْمِهِ. في العام ١٩٥٣، عرض

الأستاذ الروسي، قُسطنطين تسيولكوفسكي، الأفكار العلمية الأولى حول الدّفع الصاروخي. لكنّ مشاريع ريادة الفضاء لم تتبلور إلا في

العام ١٩٢٦، عندما أطلق المهندس الأمريكي، روبرت

جودارد أول صاروخ يعمل بالوقود السائل.



موقع الإطلاق

تُطلَقُ الصواريخ من مراكز فضائية، يبلغ عددها حوالي ١٥ مركزًا مُوزَّعة حول العالم. يحوي كلُّ مركز فضائي أقسامًا تقنيّة وتحكّميّة، ومنصّة إطلاق. عند انتهاء كلِّ التّحضيرات، يُقام الصاروخ على المنصّة جاهزًا للانطلاق. وكلّما اقترب موقع الإطلاق من خطِّ الاستواء ازدادت المُساعدة التي يتلقاها الصاروخ للإرتقاء نتيجةً لندويم الأرض (حيث هو الأسرع هناك).

فوشخود

صُمِّمَ الصَّارُوخُ الروسي فوشخود لحمل أكثر من رائد إلى الفضاء في رحلته. ففي العام ١٩٦٤، أُطلق ثلاثة من الرُّوَادِ الروس إلى الفضاء. وفي رحلة فوشخود الفضائية الثانية عام ١٩٦٥، حقق رائد الفضاء الروسي، ألكسي ليونوف سبقًا فذا كأول رائد يُغامر بالخروج من كبسولته.

رائد وزن سائرن «٥»

الثلاثي المراحل (الطبقات)

على ٢٧٠٠ طن، فاحتاج

إلى قوّة دسّر هائلة

لینطلق من الأرض. وقد

توفّرت تلك القوّة من خمسة

مُحرّكات في المرحلة (الطبقة أو

الحاوية) السفلى. وخلال دقائق توقّف الاحتراق في هذه

المرحلة فسقطت عائدة إلى الأرض.



سائرن «٥»

صُمِّمَ صاروخ سائرن «٥» فائق الضخامة والقوّة لإرسال مركبة أبولو برؤاها إلى القمر. فكان عليه ليس فقط الوصول إلى القمر، بل الهبوط بأمان على سطحه، ثمّ الانطلاق مُجددًا للعودة إلى الأرض. وتتطلّب رحلة كهذه مقادير هائلة من الوقود - علمًا أنَّ الصواريخ لا تحمِلُ وقودها في خزّان واحد، بل في عدّة حاويات طباقية تُدعى مراحل. فما إن تفرغ حاوية المرحلة حتى تسقط لتقليل الحمل، وتبدأ مُحرّكات المرحلة التالية.

يتألّف وقود الصّاروخ عادةً من سائلين - يتفجّران استعرازا عند مزجهما وتتبخّص غازات العادم إلى الخارج عبر منافذ من مؤخّرة الصاروخ، فيندفع الصاروخ قُدْمًا بقوّة ردّ الفعل.

أزيان

تُستخدم وكالة الفضاء الأوروبية سلسلة من الصواريخ تُدعى أزيان لإطلاق سوايلها. فتوضع الحمولة - السائل - في المُقدّمة كما هي الحال في جميع صواريخ الفضاء. وكلّما ازدادت ضخامة أزيان، ازدادت إمكانيّة حملها سائلا أضخم وأثقل. ويُوفّر الدسّر الإضافي اللازم بحزم صواريخ مُعرّزة إضافيّة حول المرحلة الأولى.



طائرة فضائية

المُشكلة في الصّواريخ المُتعدّدة المراحل أنّها تُستخدم لمرّة واحدة فقط. فعندما تتساقط مراحلها تحترق في جوّ الأرض وتُدمّر. لذا يُحاول العلماء في بلدان كثيرة تطوير «طائرة فضائية» تُستعمل تكررًا - فتُقلع أفقيًا - مستخدمةً الهواء لحرق وقودها (كالطائرة العادية) وهي في جوّ الأرض. ثمّ في الفضاء، حيث ينعيم الهواء، تُحرق مزيجًا من الهيدروجين السائل والأكسجين (كالصاروخ).

سرعة الإفلات

إذا رميت كرة في الهواء، فإن جاذبية الأرض ستبطئها تدريجيًا حتى تسقط عائدة إلى الأرض. لكن لو تستطيع قذفها بسرعة تبلغ ٤٠٠٠ كم/سا، فإن سرعتها، رغم تبطئة الجاذبيّة، تظلُّ كافية لحملها إلى الفضاء بعيدًا عن مُتناول جاذبيّة الأرض. هذه السرعة تُدعى سرعة الإفلات من جاذبيّة الأرض؛ وعلى الصّواريخ المُصمّمة للإفلات من جاذبيّة الأرض بلوغ هذه السرعة كحدّ أدنى.

القوّة التي يُطلق بها الصاروخ بعيدًا عن الأرض يجب أن تكون أكبر من قوّة الجاذبيّة التي تُشدّه نحوها.

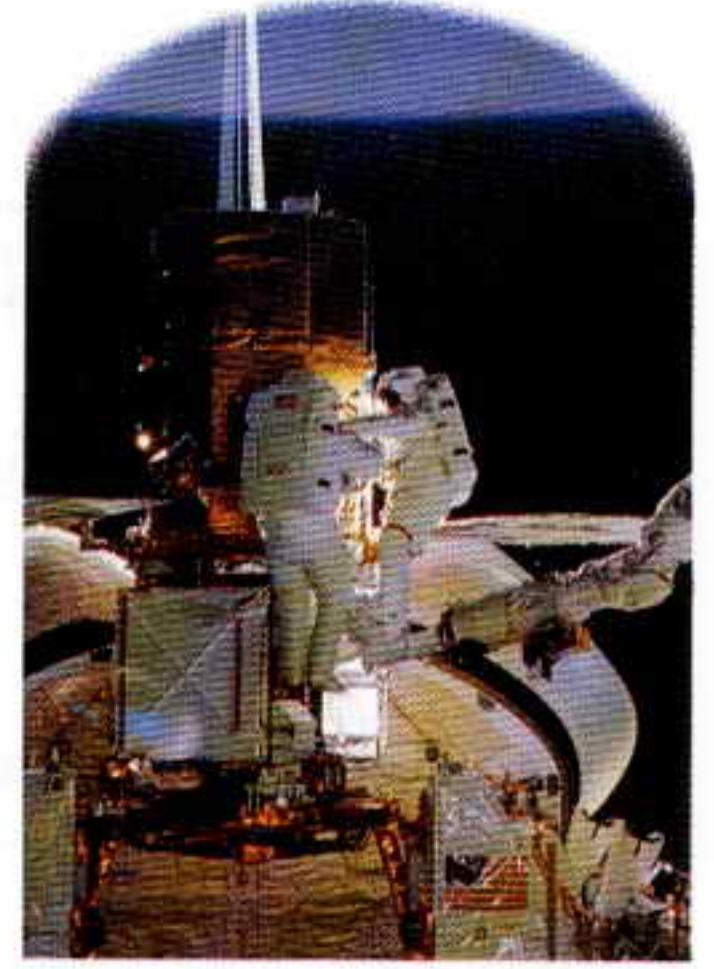


لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبيّة ص ١٢٢
- القمر ص ٢٨٨
- التليسكوبات في الفضاء ص ٢٩٨
- السّوَاتِل ص ٣٠٠
- السّوَابِر الفضائية ص ٣٠١
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢

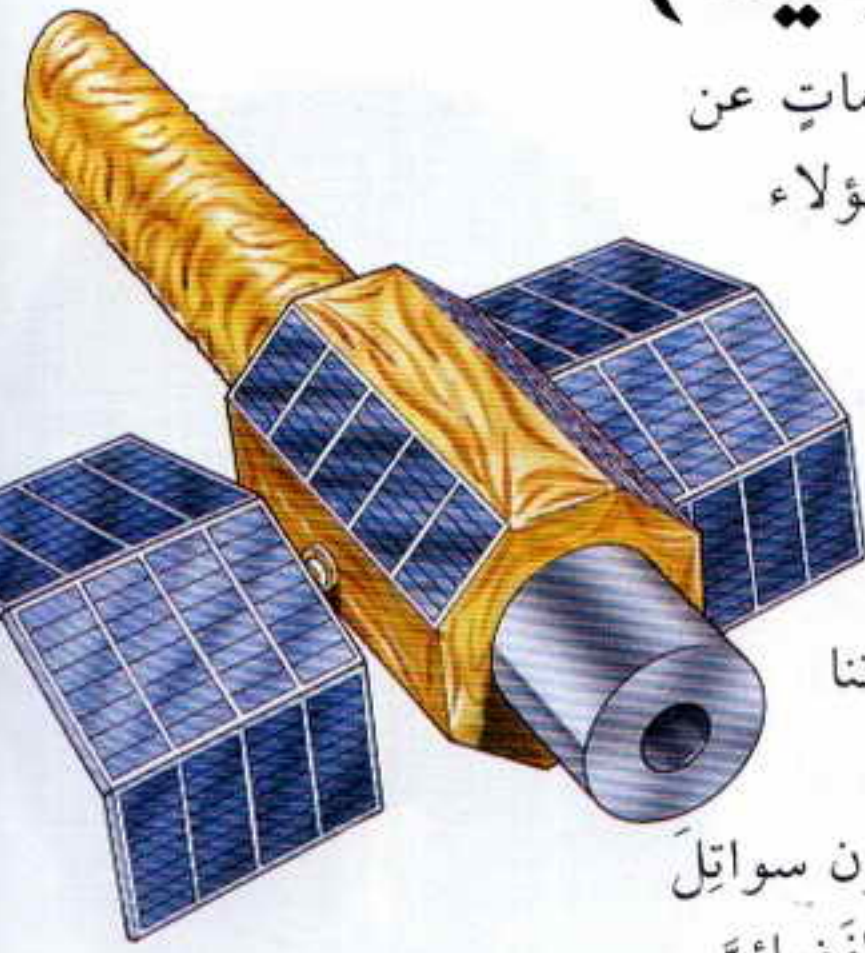
السَّوَاتِلُ (الأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ)

تَصَوَّرْ أَنَّ رَقِيًّا يُطَلُّ عَلَى الْأَرْضِ مِنْ عَلٍّ وَيُزَوِّدُنَا بِمَعْلُومَاتٍ عَنِ الطَّقْسِ أَوْ يُحَدِّدُ لَنَا مَنَاطِقَ تَوَاجَدِ الْقُرَارَاتِ الْمَعْدِنِيَّةِ. هَؤُلَاءِ الرُّقَبَاءُ أَصْبَحُوا حَقِيقَةً وَاقِعَةً الْيَوْمَ بِفَضْلِ السَّوَاتِلِ فِي مَدَارَاتِهَا مَعَ الْأَرْضِ أَوْ حَوْلَهَا. وَهَذِهِ السَّوَاتِلُ مُخْتَلِفَةٌ مُتَعَدِّدَةٌ الْأَنْوَاعِ مُصَمَّمَةٌ لِأَدَاءِ مُهِمَّاتٍ مُتَبَايِنَةٍ. فَبَعْضُهَا يُوفِّرُ لَنَا التَّوَاصُلَ التَّلْفُونِيَّ الْفَوْرِيَّ، وَبَعْضُهَا الْآخَرُ يُتَبَّحُ لَنَا مُرَاقَبَةَ الْأَحْدَاثِ الْجَارِيَةِ فِي الْعَالَمِ عَلَى شَاشَاتِ أَجْهَزَتِنَا التَّلْفِزِيَّةِ مُبَاشَرَةً. وَالسَّوَاتِلُ الْمِلَاحِيَّةُ تُسَاعِدُ السُّفُنَ وَالطَّائِرَاتِ فِي تَحْدِيدِ مَوَاقِعِهَا بِدَقَّةٍ؛ كَمَا يَسْتَخْدِمُ الْفَلَكِيُّونَ سَوَاتِلَ خَاصَّةً لِاسْتِكْشَافِ أَقْصَايِ الْكَوْنِ الْفَسِيحِ. إِنَّ الْمَجَالَ الْفَضَائِيَّ حَوْلَ الْأَرْضِ أَخَذَ يَزْخَرُ بِالسَّوَاتِلِ الْمُتَزَايِدَةِ الدَّائِرَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ وَمَعَهَا فِي رِحْلَتِهَا عَبْرَ الْفَضَاءِ.



إِصْلَاحُ السَّوَاتِلِ

مَاذَا لَوْ ظَرَأَ غُطْلٌ مَا عَلَى السَّاتِلِ فِي مَدَارِهِ؟ الْجَوَابُ يَتَلَخَّصُ فِي أَنَّ إِصْلَاحَهُ مُمَكِّنٌ. فَإِذَا كَانَ الْغُطْلُ بَسِيطًا قَامَ الرُّوَادُ بِإِصْلَاحِهِ فِي الْفَضَاءِ. أَمَّا إِذَا كَانَ الْغُطْلُ أَسَاسِيًّا، فَيُعَادُ السَّاتِلُ إِلَى الْأَرْضِ حَيْثُ يُصْلَحُ وَيُعَادُ إِطْلَاقُهُ. فَفِي تَشْرِينِ الثَّانِي (نُوفَمْبَرِ) عَامِ ١٩٨٤، اسْتَعَادَ طَائِقُ الْمَكُونِ الْفَضَائِيَّ، دِيْسْكُفْرِي، سَاتِلَ اتِّصَالَاتٍ بُعَادِيَّةٍ وَأَعَادُوهُ إِلَى الْأَرْضِ.



الْمَدَارُ اللَّاتَمَرَكُزِي: السَّاتِلُ الْمُصَمَّمُ لِقِيَاسِ مَجَالِي الْأَرْضِ الْمَغْنَطِيسِيَّ وَالْكَهْرِبَائِيَّ يَسْتَخْدِمُ مِثْلَ هَذَا الْمَدَارِ لِتَسْجِيلِ الْقِيَاسَاتِ عَلَى أَبْعَادٍ مُخْتَلِفَةٍ مِنَ الْأَرْضِ.

الْمَدَارُ الْقُطْبِي (الْمَدَارُ حَوْلَ قُطْبِي الْأَرْضِ): سَوَاتِلُ رَحْبِ الطَّقْسِ تَدُورُ عَادَةً فِي هَذَا الْمَدَارِ حَيْثُ يُمَكِّنُهَا مَسَاحُ كَامِلِ الْأَرْضِ اثْنَاءَ تَدْوِيمِهَا حَوْلَ مَحْوَرِهَا.

الْمَدَارُ الْخَفِيفُ: أَيْتَرُ الْمَدَارَاتِ بُلُوغًا - حَيْثُ يَدُورُ تِلْشُكُوتْ هَيْلِ الْفَضَائِيَّ وَمَحَطَّةُ الْفَضَاءِ الرُّوسِيَّةِ مِير.

الْمَدَارَاتُ

يَتَوَقَّفُ مَسَارُ السَّاتِلِ حَوْلَ الْأَرْضِ عَلَى

الْمُهْمَةِ الْمَنْوُظَةِ بِهِ. فَالْمَدَارُ الْأَرْضِيّ الْإِسْتِقْرَارِيّ، مِثْلًا، يَرْتَفِعُ ٨٨٠ ٣٥٠ كَمٍ فَوْقَ خَطِّ

الْإِسْتِقْوَاءِ؛ وَالسَّوَاتِلُ فِي هَذَا الْمَدَارِ تُكْمِلُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ الْأَرْضِ فِي الْوَقْتِ ذَاتِهِ الَّذِي تُكْمِلُ فِيهِ الْأَرْضُ دَوْرَةً وَاحِدَةً حَوْلَ مَحْوَرِهَا. وَهَكَذَا يَظَلُّ السَّاتِلُ مُسْتَقِرًّا فَوْقَ النُّقْطَةِ ذَاتِهَا عَلَى الْأَرْضِ؛ وَهَذَا ضَرُورِيٌّ لِلْسَّوَاتِلِ التَّلْفِزِيَّةِ.

الْمُسْتَكْشِفُ فَوْقَ

الْبِتْفَسْجِي الدَّوْلِي

سَاتِلٌ فَلَكِيٌّ أُطْلِقَ عَامَ ١٩٧٨ لِإِدْرَاسَةِ الْإِشْعَاعَاتِ فَوْقَ الْبِتْفَسْجِيَّةِ الْآتِيَةِ مِنَ النُّجُومِ وَالْمَجَرَّاتِ فِي الْفَضَاءِ. وَكَانَ يُتَوَقَّعُ لَهُ أَنْ يَسْتَمِرَّ ثَلَاثَ سَنَوَاتٍ فَقَطْ، لَكِنَّهُ مَا زَالَ دَائِرًا يَعْمَلُ حَتَّى الْيَوْمِ. وَيَسْتَعْرِقُ إِرسَالُ الصُّورَةِ مِنْهُ إِلَى إِحْدَى الْمَحْطَّاتَيْنِ الْأَرْضِيَّتَيْنِ اللَّتَيْنِ تُرَاقِبَانِهِ (الْأُولَى فِي أَمْرِيكَا وَالثَّانِيَّةُ فِي إِسْبَانِيَا) ثَمَانِي دَقَاقَتَيْنِ.

طَبَقُ اسْتِقْبَالِ سَاتِلِي

مَا إِنَّ يَتَلَخَّ السَّاتِلُ الْفَلَكِيَّ مَدَارَهُ حَتَّى يَبْدَأَ عَمَلَهُ. فَتَتَعَبَّهِ الْمَحْطَّاتُ الْأَرْضِيَّةُ مُرَاقِبَةً تَحْرُكَاتِهِ وَمُعِيدَةً تَوَجُّهَهُ عِنْدَ الضَّرُورَةِ؛ كَمَا تَسْتَقْبِلُ مِنْهُ الْمَعْلُومَاتِ وَتَعَالِجُهَا لِإِطْلَاقِ الْعُلَمَاءِ. وَتُجَمِّعُ الْإِشَارَاتِ الَّتِي يَبْنِئُهَا السَّاتِلُ بِوَسْطَةِ أَطْبَاقٍ عَلَى الْأَرْضِ تُشَبِّهُ أَطْبَاقَ السَّوَاتِلِ التَّلْفِزِيَّةِ، لَكِنَّهَا أَكْبَرُ كَثِيرًا.



سَبُوتْنِيك «١» - كُرَّةٌ مِنَ الْإِلُومِنِيُومِ قَطْرُهَا ٥٨ سَم.

سَبُوتْنِيك

وَضَعَتْ رُوسِيَا أَوَّلَ قَمَرٍ صِنَاعِيٍّ فِي مَدَارٍ حَوْلَ الْأَرْضِ فِي تَشْرِينِ الْأَوَّلِ (أَكْتُوبَر) عَامَ ١٩٥٧؛ فَاسْتَكْشَفَ جَوَّ الْأَرْضِ خِلَالَ فِتْرَةِ دَوْرَانِهِ الْقَصِيرَةِ فِي الْفَضَاءِ. وَلَمْ يَمُضْ شَهْرٌ وَاحِدٌ حَتَّى أُطْلِقَ سَبُوتْنِيك «٢»، وَكَانَ عَلَى مَتْنِهِ الْكَلْبَةُ لَايْكََا - أَوَّلُ كَاتِنَةٍ خَيَّ يَزُورُ الْفَضَاءَ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْإِتِّصَالَاتُ الْبُعَادِيَّةُ ص ١٦٢
- الْإِنْعِكَاسُ ص ١٩٤
- رَحْبُ الطَّقْسِ ص ٢٧٢
- التِّلْسُكُوبَاتُ فِي الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
- الصُّوَارِيخُ ص ٢٩٩
- السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ ص ٣٠١

السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ

تَقَامُ الْمَغْنِطُومَتَاتُ (مَقَابِيسُ شِدَّةِ الْمَجَالَاتِ الْمَغْنِطِيسِيَّةِ) عَلَى عُمُودٍ طَوَّلُهُ ١١ م لِتَجَنُّبِ التَّدَاخُلِ مِنْ أَجْهَازِ الْمَرْكَبَةِ الرَّئِيسِيَّةِ.

السَّابِرُ غَالِيلِيُو

أُطْلِقَ السَّابِرُ الْفَضَائِيُّ غَالِيلِيُو عَامَ ١٩٨٩؛ وَقَدْ بَلَغَ الْمُشْتَرِي بَعْدَ سِتِّ سَنَاتٍ. لَكِنَّ الْجُزْءَ الْأَكْبَرَ مِنَ الْمَرْكَبَةِ - وَهُوَ الْعَرَبَةُ الْمَدَارِيَّةُ - سَيَسْتَعْرِقُ سِتِّينَ إِضَافِيَّتَيْنِ لِيَدُورَ حَوْلَ الْكَوْكَبِ وَأَقْمَارِهِ الرَّئِيسِيَّةِ. وَسُيُرْسَلُ الْمَرْكَبَةُ سَابِرًا أَصْغَرَ إِلَى جَوْ الْمُشْتَرِي لِفَحْصِهِ عَنْ قُرْبٍ.

يَبْدُو الْعَاكِسُ الَّذِي قَطْرُهُ ٥ أَمْتَارٍ كَالْمِظَلَّةِ، وَيُشْتَخَذُ لِلاتِّصَالَاتِ.

تُرْسَلُ الْمَعْلُومَاتُ إِلَى مَخَطَّاتِ التَّتَبُّعِ فِي إِسْبَانِيَا وَأُسْتْرَالِيَا وَكَالِيفُورْنِيَا، بِالْوِلَايَاتِ الْمُتَّحِدَةِ.

هَذِهِ الصُّورَةُ لِأُورُوبَا، أَحَدِ أَقْمَارِ الْمُشْتَرِي، كَانَتْ مِنْ بَيْنِ الصُّوَرِ الَّتِي أَرْسَلَهَا قُويَا جِيرُ إِلَى الْأَرْضِ. وَقَدْ أَظْهَرَتْ تَفَاصِيلَ لَمْ تَشَاهَدْ مِنْ قَبْلُ مُطْلَقًا.

الصُّورُ

تُوفِّرُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ وَالْبَيِّنَاتِ مَا يَقْضِي الْعُلَمَاءُ فِي تَحْلِيلِهِ عِدَّةَ سَنَاتٍ بَعْدَ انْتِهَاءِ مُهِمَّةِ الْمَرْكَبَةِ الْفَضَائِيَّةِ. لَقَدْ اكْتَشَفَتْ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ أَقْمَارًا لِلْكُوكَبِ الْعِمْلَاقَةِ الْأَرْبَعَةِ جَمِيعِهَا. وَيُؤَكِّدُ الْعُلَمَاءُ أَنَّهُ لَا يَزَالُ هُنَاكَ أَقْمَارٌ أَصْغَرُ لَمَّا تُكْتَشَفُ.

يُوجَدُ عَشْرَةُ أَجْهَازٍ عِلْمِيَّةٍ عَلَى مَتْنِ الْعَرَبَةِ الْمَدَارِيَّةِ وَسِتَّةٌ أُخْرَى عَلَى السَّابِرِ.

السَّابِرُ الْجَوِّي سَيُشْتَخَذُ لِإِرْشَادِ الْهَيُوطِ عِزَّ غَيُومِ الْمُشْتَرِي بِطَبْعٍ.

تَحْمِلُ الْمِنْصَةُ مَنْظُومَةُ الْكَامِيرَاتِ الَّتِي يُتَوَقَّعُ أَنْ تَتَبَعَ أَوْضَعَ صُورٍ شَوَّهَتْ لِلْمُشْتَرِي حَتَّى جِينِهِ.

تَزِنُ عَرَبَةُ غَالِيلِيُو الْمَدَارِيَّةُ ٢٢٢٢ كِغْ؛ يُؤَلَّفُ الْوَقُودُ حَوَالِي نِصْفِ هَذَا الْوِزْنِ.

سَيُجْرِي غَالِيلِيُو تَجَارِبَ لَاحِظٍ مِنْ ١٠٠ عَالِمٍ فِي سِتَّةِ بُلْدَانٍ مُخْتَلِفَةٍ.

سَابِرَا قُويَا جِيرُ

أُطْلِقَ السَّابِرَانِ الْفَضَائِيَّانِ التَّوَامَانِ قُويَا جِيرُ «١» وَ «٢» عَامَ ١٩٧٧ فِي مُهِمَّةٍ مُخَدَّدَةٍ هِيَ اسْتِكْشَافُ الْمَزِيدِ عَنْ طَبِيعَةِ الْكُوكَبِ الْعِمْلَاقَةِ الْغَازِيَّةِ الْأَرْبَعَةِ. وَقَدْ مَرَّ كِلَاهُمَا عَلَى مَقْرِبَةٍ مِنَ الْمُشْتَرِي وَرُحْلٍ، ثُمَّ تَابَعَ قُويَا جِيرُ «٢» رِحْلَتَهُ مُنْفَرِدًا نَحْوَ أُورَانُوسِ وَنِپْتُونِ. وَكَانَ عَلَى مَتْنِ كُلٍّ مِنْهُمَا ١١ جِهَازًا، مِنْ بَيْنِهَا كَامِيرَاتَانِ تَلْفِزِيَوِيَّتَانِ.

تَتَابَعُ الْعَرَبَةُ الْمَدَارِيَّةُ مَسَارَهَا حَوْلَ الْكَوْكَبِ.

عَرَبَةُ فَايْكِنْغِ الْمَدَارِيَّةُ وَعَرَبَةُ الْهَيُوطِ تَتَفَصِّلَانِ.

سَابِرَا فَايْكِنْغِ

تَسْتَطِيعُ السَّوَابِرُ الْفَضَائِيَّةُ الدُّورَانَ حَوْلَ الْكَوْكَبِ، كَمَا تَسْتَطِيعُ إِزْزَالُ عَرَبَةِ هَيُوطٍ عَلَى سَطْحِهِ. فِجْلَالِ السَّنِينَاتِ وَالسَّبْعِينَاتِ مِنَ الْقَرْنِ الْعَشْرِينَ أُطْلِقَ الْأَمْرِيكِيُّونَ وَالرُّوسُ، كِلَاهُمَا، سَوَابِرَ فَضَائِيَّةً دَارَتْ حَوْلَ الْمَرْيَخِ وَحَطَّتْ عَلَيْهِ. وَقَدْ وَضَعَ السَّابِرَانِ فَايْكِنْغِ «١» وَ «٢» بِنَجَاحٍ عَرَبَتِي هَيُوطٍ عَلَى الْمَرْيَخِ فِي شَهْرِي تَمُوزِ وَأَيْلُولِ مِنْ عَامِ ١٩٧٦. فَأُرْسِلَتَا كِلْتَاهُمَا إِلَى الْأَرْضِ مَا مَجْمُوعُهُ حَوَالِي ٣٠٠٠ صُورَةٍ. وَقَدْ أَجْرَتَا تَحَالِيلَ لِثَرَبَةِ الْمَرْيَخِ وَسَجَّلَتَا قِيَاسَاتٍ لِأَحْوَالِهِ الْجَوِّيَّةِ - كَمَا تَقْضَتَا اخْتِيَارًا إِمْكَانِيَّةَ وُجُودِ الْحَيَاةِ عَلَيْهِ.

عَرَبَةُ الْهَيُوطِ تَتَخَرَّرُ مِنَ الْهَيُوطِ.

عَرَبَةُ الْهَيُوطِ تَحْطُّ عَلَى سَطْحِ الْمَرْيَخِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَنْظُرْ

الرُّبُوطَاتُ ص ١٧٦
النِّظَامُ الشَّمْسِيُّ ص ٢٨٣
الشَّمْسُ ص ٢٨٤
التَّلِسْكُوبَاتُ عَلَى الْأَرْضِ ص ٢٩٧
التَّلِسْكُوبَاتُ فِي الْفَضَاءِ ص ٢٩٨
السَّوَابِرُ (الْأَقْمَارُ الصَّنَاعِيَّةُ) ص ٣٠٠

قُويَا جِيرُ «١» قَارِبٌ رُحْلٍ فِي نَوَفَمْبَرِ عَامِ ١٩٨٠

قُويَا جِيرُ «٢» قَارِبٌ رُحْلٍ فِي أَغْصُوسِ عَامِ ١٩٨١

قُويَا جِيرُ «٢» قَارِبٌ أُورَانُوسِ فِي يَنَايِرِ عَامِ ١٩٨٦

قُويَا جِيرُ «٢» قَارِبٌ نِپْتُونِ فِي أَغْصُوسِ عَامِ ١٩٨٩

الإنسان في الفضاء



المرأة في الفضاء

هيمنت الولايات المتحدة وما كان يُدعى الاتحاد السوفياتي على مختلف أنشطته ريادية الفضاء خلال العقدَيْن الأولَيْن من عصر استكشاف الفضاء. ففي العام ١٩٦٣، أصبحت رائدة الفضاء الروسية، فالنتينا ترشكوفا، أول امرأة تنطلق إلى الفضاء.

الزِّي الفضائي

كان الرواد الأوائل يرتدون بزّة فضائية واحدة للرحلة. أما اليوم، فهم يرتدون ملابس تختلف باختلاف ما يقومون به من مهمّات. فهناك بزّة للسفر ذهاباً وإياباً إلى الفضاء، وملابس عادية مُصمّمة خصيصاً للارتداء داخل المركبة الفضائية، وهي في مدارها. وإذا اضطرّ الرائد للعمل خارج مركبته فهو يرتدي بزّة تُدعى وحدة الحركة خارج المركبة، يُحرّم فوقها وحدة مناورة مأهولة تُمكنه من التحرك بالدفع النافوري حول مركبته.

تُنظف البزّات الفضائية وتُجفّف بعد العودة إلى الأرض لتكون جاهزة لرحلة أخرى. ويُفترض بقاء البزّة صالحة للاستخدام حوالي ٨ سنوات.

في ٢٠ تموز (يوليو) عام ١٩٦٩، أصبح نيل أرمسترونغ أول إنسان تخطى قدماه سطح القمر؛ ثمّ لحق به زميله بزّ الدرين بعد ١٩ دقيقة.

تُوفّر البزّات الفضائية أكسجيناً نقياً ١٠٠٪ للتنفّس.

تحت البزّة نبيطة لتجميع البول، تُفزع عند الرجوع إلى المركبة.

البعثات القمرية

أواخر الخمسينيات من القرن العشرين، كان التنافس شديداً للسيطرة على الفضاء بإرسال بشر إليه - فكانت بداية عصر الفضاء. في العام ١٩٦١، تعهّد الأمريكيون بإنزال إنسان على سطح القمر بنهاية العقد، وهكذا كان. ففي العام ١٩٦٩، أصبح نيل أرمسترونغ أول رجل يمشي على سطح القمر. وبين ١٩٦٩ و ١٩٧٢، كانت الحركة ناشطة إلى القمر ومنه، وقد قضى الرواد خلال تلك الفترة ما يُقارب ٨٠ ساعة على سطحه.

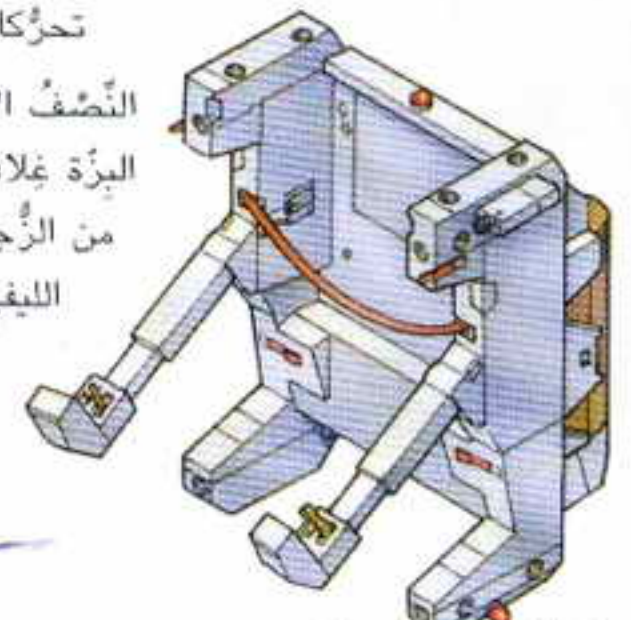


التدرب على الرحلات الفضائية

يُفترض في رائد الفضاء أن يتمتّع بلياقة بدنية وعقلية عالية. ويقوم الرواد بتدريبات قاسية وطويلة جداً في ظروف وأحوال تُشبه مثيلاتها في الفضاء. فهم قد يُجرون التدريبات، مثلاً، في برك مسباحة كبيرة ليستشعروا ويعتادوا حالة انعدام الوزن. كما يرتدي الرائد بزّة خاصة ويتدرب على المهمة التي سيُقوم بها في الفضاء.

على كَتِف الرائد كاميرا تلتقط الصور خلال تحركاته.

النصف الأعلى من البزّة غلاف ضلّ من الزجاج اللبني.



وحدة مناورة مأهولة

هذه الوحدة خليط من جعبة ظهرية وكُرسي. وهي تُعمل بالتروجين ويمكن إعادة شحنها من المركبة الفضائية. يتحكّم الرائد بوحدة المناورة هذه من مسنّدي الذراعين، وكان الرائد الأمريكي، بروس ماركندلس أول من استخدمها في شباط (فبراير) عام ١٩٨٤.

يرتدي رائد الفضاء كساة تحثياً مُجهّزا بانابيب تبريد مائيّة.

سالي رايد

كان الرواد الأمريكيون كلّهم من الذكور حتى العام ١٩٨٣. وعند استحداث برنامج المكوك الفضائي في السبعينيات من القرن العشرين،

سُمح لِكلا الرجال والنساء التقدّم بطلبات الانتساب كرواد فضاء. وفي العام ١٩٨٣، أصبحت سالي رايد (المولودة عام ١٩٥١) أول امرأة أمريكية ترتاد الفضاء. وهناك حالياً العديد من رائدات الفضاء الأخريات.



العيش في الفضاء

تغيّر السّفَرُ عَبْرَ الفضاء اليَوْمَ عَنْهُ أيام يوري غاغارين - فغدا الرّوَادُ، والعربة الفضائيّة في مدارها، يرتدون ثياباً عاديّة ويأكلون وجباتهم المُفضّلة. وهم في غير أوقات العمل، يسترخون لِسَماع الموسيقى المُسجّلة أو لقراءة كتابٍ مُختار؛ أو يقومون «بالأعمال المنزليّة» مُدَوّرة. غَيْرَ أَنَّ كُلَّ ذَلِكَ يَتِمُّ في حالة انعدام الوزن؛ وفي هذه الحالة تتخادّل العظام والعصلات (لذا يتوجّب على الرّوَاد ممارسة تمارينهم الرياضيّة يوميّاً). وقد لوحظَ زوالُ تأثيرات انعدام الوزن على الجسم البشريّ بعد عودَةِ الرّوَاد إلى الأرض؛ لكنّ العلماء ما زالوا يَرَقِبون تلك التأثيرات كُلّما قضى الرّوَاد فتراتٍ أطولَ فأطول في الفضاء.



مراقبة الرّوَاد

في آذار (مارس) عام ١٩٩٢، عاد رائدُ الفضاء الرّوسيّ سيرجي كريكاليف إلى الأرض بعد أن قضى ٣١٣ يوماً في الفضاء؛ وقد أخضع لفحصٍ طبّيٍّ دقيقٍ فورَ عودته. والمعلومُ أَنَّ الرائد قد يُعاني تباطؤاً في نبضات القلب ودواراً خلال رحلته الفضائيّة.

سيرجي كريكاليف

يرتشفُ الرّوَاد السّوائلَ بِقشّات الشّرب، لكنّهم يتناولون الوجبات الخفيفة كالشوكولاتة والمكسّرات بطريقة عاديّة. وتُسَخَّنُ وجباتهم في قُرنٍ قبل وضعها في صواني خاصّة تمنع طفؤها أثناء الأكل.

مع حركة الدوران المُستمرّ في الفضاء، قد يُجسُّ رائدُ الفضاء بالغثيّان والدّوار.



مُعظم الأغذية مُنزوعة الماء - فما على الرائد سوي إضافة بعض الماء قبل الأكل. وبعض المأكولات الأخرى

مُحفوظة في غلّبٍ من الصّفيح أو في أكياسٍ لدائنيّة كما هي الحال على الأرض. أمّا الطعَام الطارِجُ فقد يُتاجُ فقط في بداية الرّحلة.

المكوك الفضائي

كان الرّوَاد الأوائلُ يُرسَلون إلى الفضاء داخلَ كبسولات صغيرة تُوضع في مُقدّمة الصواريخ، ثمّ يعودون بها إلى الأرض غطّاً في البَحْر. فكانت تلك البعثات الفضائيّة باهظة التكلفة إذ لا يُمكنُ استِخدام الصاروخ إلا مرّة واحدة. أمّا اليومَ فيرتادُ الرّوَاد الأمريكيّون الفضاءَ بواسطة المكوك الفضائيّ، الذي يُمكنُ إعادةُ استِخدام أجزائه الرئيسيّة - كالعربة المداريّة الفضائيّة والصواريخ المُعزّزة. وتعودُ العربة المداريّة كالطائرة إلى الأرض، ويُمكنُ استِخدامها تكراراً.



بعد الهبوط، تُجهّزُ العربة بخَرَانات وقُوود جديدةٍ إعداداً للإطلاق التالي.

تُوقَفُ العربة المداريّة بمَنظومتها من المكابح.

تنسابُ العربة المداريّة (دون أعمال مُحرّكاتِها) مُنحدرةً نحو الأرض، وتُحطُّ على مَدْرَج كطائرةٍ عاديّة.



تتركُ العربة المداريّة مدارها بالدّليل أوّلًا.

مُهمّاتُ المكوك الفضائيّ

المكوك الفضائيّ مُتعدّد الاستِعمالات؛ فيُمكنُ استِخدامه في إطلاق السّواتل وصيانتها أو إعادةِها إلى الأرض. كذلك يُمكنُ استِخدام المكوك كُمُخَيّرٍ فضائيّ، أو في نقلِ قطع المَحطّات الفضائيّة لِيَتِمَّ تركيبها في الفضاء. وتُسْتَغْرَقُ البعثَةُ المكوكيّةُ حوالى سبعةِ أيامٍ؛ وقد يبلغُ طاقمُها من الرّوَاد ثمانية.

لمزيد من المعلومات انظُر

- الجاذبيّة ص ١٢٢
- النّظام الشّمسيّ ص ٢٨٣
- الصواريخ ص ٢٩٩
- السّواتل (الأقمار الصناعيّة) ص ٣٠٠
- السّوابر الفضائيّة ص ٣٠١
- المَحطّات الفضائيّة ص ٣٠٤

المحطات الفضائية

لم تعد الرحلات الفضائية تقتصر على إقامة عابرة، فباستطاعة رواد الفضاء اليوم المكوث في محطة فضائية، تدور حول الأرض كساتل كبير، مؤهلة لعيش الرواد والعمل على متنها، كبيت ومكتب، لفترة تمتد أسابيع وشهوراً. وستستخدم المحطات الفضائية مستقبلاً كفندق يُعرج عليه الرواد قبل متابعة سفرهم عبر النظام الشمسي أو قبل العودة منه إلى الأرض. وهي أيضاً مهمة إذ يمكن، على متنها، إجراء التجارب في ظروف الجاذبية الصغرى (شبه انعدام الوزن) بإشراف علماء لا مكنات - كما يستطيع الرواد إجراء التجارب على أنفسهم لاختبار سبل ومدى اضطلاع الجسم البشري بأعباء العيش في الفضاء.

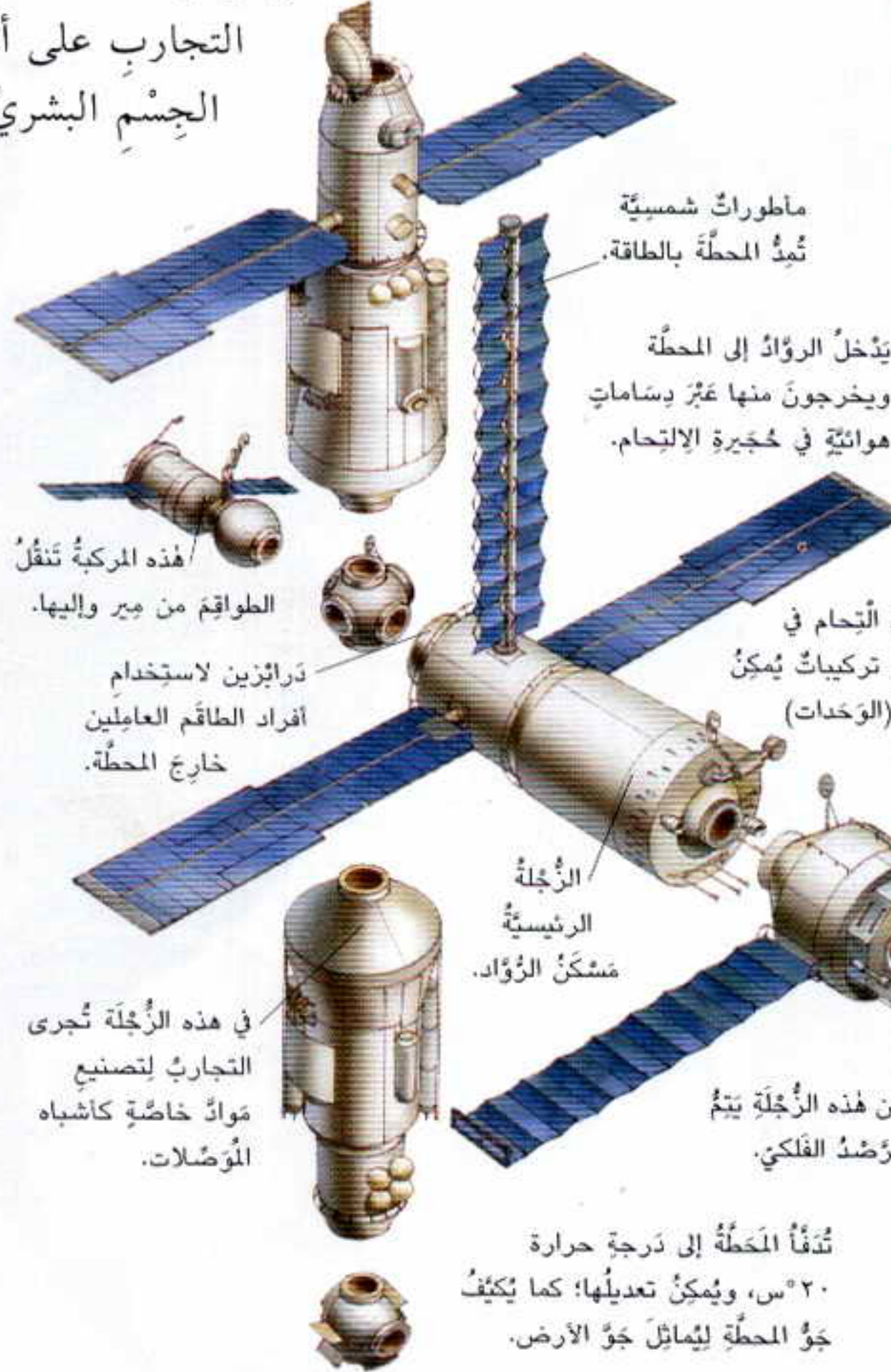


المختبر الفضائي (سكاى لاب)

طلت المحطة الفضائية الأمريكية الأولى «سكاى لاب» على مدى خمس سنوات (١٩٧٣-١٩٧٨) نزلًا للرواد الزائرين. وهي باتساعها، كبيت متوسط الحجم، وفرت للرواد بيئة وظروف عمل مريحة للمرة الأولى في الفضاء.

يحافظ الرواد على لياقتهم البدنية باستخدام المعدات الرياضية على متن المحطة، ويأخذون قسطهم من الراحة في أكياس نوم مثبتة بالجدران.

هذه الرجلة تنقل المواد بين مير والأرض.



ماتورات شمسية
تمد المحطة بالطاقة.

يدخل الرواد إلى المحطة
ويخرجون منها عبر دشامات
هوائية في حجرة الإلتحام.

هناك ستة منافذ الإلتحام في
المحطة مير؛ وهي تركيبات يمكن
اللتحام الرجلات (الوحدات)
بها لاحقاً.

الرجلة
الرئيسية
مسكن الرواد.

من هذه الرجلة يتم
الرصد الفلكي.

تدفع المحطة إلى درجة حرارة
٢٠°س، ويمكن تعديلها؛ كما يكتف
جو المحطة ليماثل جو الأرض.

ستعيش الطواقم وتعمل في المحطة
الحرية (فريدم) مدداً تتراوح بين
ثلاثة وستة أشهر في كل مرة.

مبسات خاصة سترسل صوراً
للأرض للتنبؤ عن أحوال الطقس.

الماء المستخدم على متن
المحطة سيُعاد تدويره
للاستخدام ثانية.

الماتورات الشمسية ستجمع
ضوء الشمس ليصار
تحويله إلى طاقة
كهربائية.

الحرية (فريدم)

تخطط الولايات المتحدة لإطلاق
محطة فضائية تدعى فريدم؛ على
أن ينقل المكوك الفضائي قطعها إلى
الفضاء قطعة قطعة، ثم يقوم الرواد
بتجميعها. وستكون المحطة المجهزة أطول من ملعب
كرة القدم، وستولى شؤونها طاقم دائم من ستة رواد.



التجارب

علماء الكيمياء والبيولوجية والفيزياء
سيفيدون من وجود مختبر لهم في الفضاء
يتمكنون فيه من إجراء التجارب في
ظروف الجاذبية الصغرى حيث يمكنهم
معالجة بعض المواد (كالكافير أو
المقومات الكهربائية) وإنتاجها بمستوى
من النقاوة لا يتوفر على الأرض.

لمزيد من المعلومات انظر

- الجاذبية ص ١٢٢
- السواتل (الأقمار الصناعية) ص ٣٠٠
- السواير الفضائية ص ٣٠١
- الإنسان في الفضاء ص ٣٠٢

المحطات الفضائية
١٩٧١ أطلقت ساليوت، أول محطة
فضائية روسية.
١٩٧٣ أطلقت سكاى لاب، أول محطة
فضائية أمريكية.
١٩٨٠ سكاى لاب تعود إلى جو الأرض
وتندثر.
١٩٨٣ أطلق سبيس لاب، أول مختبر
فضائي مصمم لهدف معين.
١٩٨٦ أطلقت مير، أكبر محطة فضائية،
من بيكونور، في روسيا.
١٩٨٧ راند الفضاء الروسي يوري
رومانكو يعود من مير إلى الأرض بعد
تسجيله رقماً قياسياً للمكوث في الفضاء:
٣٢٦ يوماً.
صورة لشواطئ شفيش التقطت من المحطة
الفضائية سكاى لاب.

الكائنات الحية

الكائنات الحية حواليك في كل مكان تقريباً. ففتاتة خبز قد تحمل فطراً دقيقاً؛ وملعقة من ماء النهر قد تؤوي أشكالاً متعددة من الأحياء المجهرية المختلفة. تنتشر الكائنات الحية عبر مناطق شاسعة من اليابسة وفي المحيطات بينها. حتى في أشد الأصقاع قسوة، كالصحارى الجافة اللاهبة أو قمم الجبال القارسة المتجمدة، توجد بعض أشكال الحياة وتتكاثر. علم الأحياء (البيولوجية) هو علم الكائنات الحية، نباتات وحيوانات - المجهرية منها والفائق الحجم الأضخم منا بكثير. يدرس البيولوجيون الكائنات الحية ليكتشفوا كيف تعمل وكيف ترتبط معاً في نمط الحياة المعقد على الأرض.

بكتريا (جراثيم)



فطر



سرخس



خنفساء

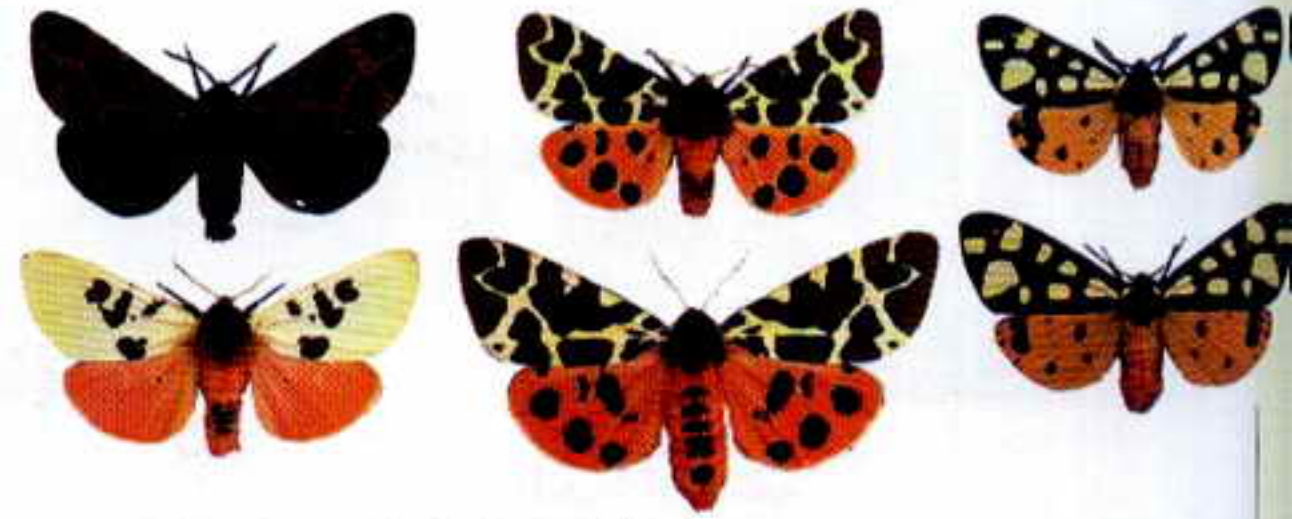


ضفدع



المتعضيات والأنواع

في مصطلح البيولوجيين، المتعضي هو أي شيء حي. فالجراثيم والنبات والحشرة، كما الكائن البشري، كلها متعضيات. والنوع مصطلح آخر يستعمل عادة في علم الأحياء - بمعنى مجموعة من المتعضيات تستطيع التوالد فيما بينها كالأسود أو النعام. فالمتعضيات الواردة أعلاه تنتمي إلى أنواع مختلفة، كل منها يستطيع التوالد (الناسل) مع أفراد من نوعه فقط، وليس مع أفراد أي نوع آخر. والمتعضيات تعيش في الغالب منفصلة، لكن أحياناً يعيش أفراد النوع الواحد وثيقاً الترابط معاً في مستعمرة (كجماعة كبيرة).



بشارت (فراشات ليلية) من الفصيلة اركتيدي

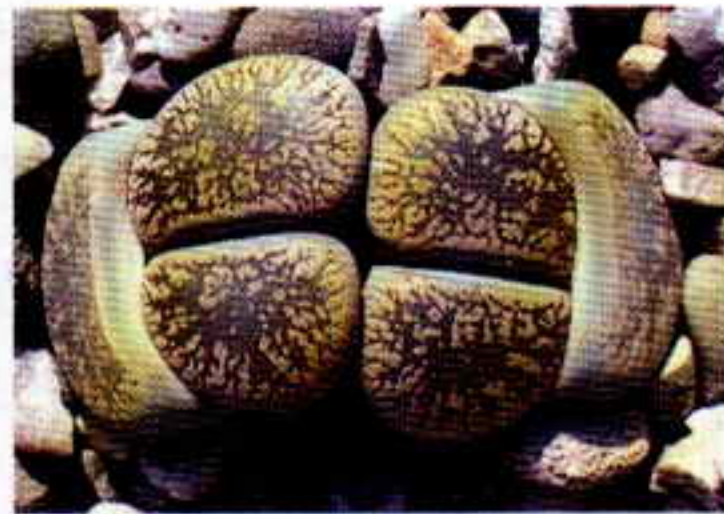
كيف يعمل علماء الأحياء؟

خلال القرن التاسع عشر، كان العلماء غالباً يدرسون الحيوانات بعد قتلها وتجميعها. فالفراشات أعلاه هي جزء من مجموعة نموذجية في متحف تحوي آلاف العينات. إن تجميع الكائنات الحية قد يوفر معلومات مفيدة، لكنه يلحق ضرراً بالغاً بالأنواع النادرة. وحيث إن علماء الأحياء حالياً، هم أكثر إدراكاً لضرورة حماية البيئة، فهم يقضون وقتاً أطول في دراسة الحيوانات في موطنها الطبيعية فيتعرفون الحيوان دون إيداعه أو تغيير سلوكه الطبيعي.



استكشاف الطبيعة

كان العالم الطبيعي الإنكليزي، هنري بيثس (١٨٢٥-١٨٩٢)، من أوائل العلماء الأوروبيين الذين تقصوا الحياة البرية في غابات الأمازون المطيرة في أمريكا الجنوبية. وقد جمع الكثير من الأنواع الجديدة ودرس سبل تنافسها للبقاء. ولا يزال العلماء اليوم يكتشفون أنواعاً جديدة. لكن في الوقت نفسه، هناك أنواع عديدة آخذة بالانقراض، بسبب ما يلحقه الإنسان من ضرر بالبيئة الطبيعية.



الحياة الحفوية

مع أن هذه النبتة تبدو عديمة الحياة، فهي في الواقع حية تنمو وتتكاثر. فالصخيرة الحية (ليثويس أوكامبي) كما تسمى هذه النبتة، تنمو في المناطق الجافة من إفريقيا الجنوبية، وهي تبقى مستمرة مموهة معظم أيام السنة؛ لكنها في موسم التكاثر تنبت أزهاراً، زاهية اللون، تجذب الحشرات لنقل غبار الطلع من نبتة إلى أخرى. وبعد التلقيح تنتج النبتة بؤراً.

فريديرخ وهلر

جميع الكائنات الحية تحوي مركبات كربونية. وقد ظل معظم العلماء حتى القرن التاسع عشر يعتقدون أن المركبات الكربونية في الكائنات الحية مختلفة عضوياً عن تلك اللاعضوية المتواجدة في الكائنات غير الحية. لكن في عام ١٨٢٨، دحض الكيميائي الألماني، فريديرخ وهلر (١٨٠٠-١٨٨٢)، هذه الفكرة التي كانت تُعرف بالفاعلية الحيوية، عندما حضر اليوريا، المركب الكربوني البولي في الحيوان، من مركب يتواجد فقط في المادة اللاعضوية (غير الحية).

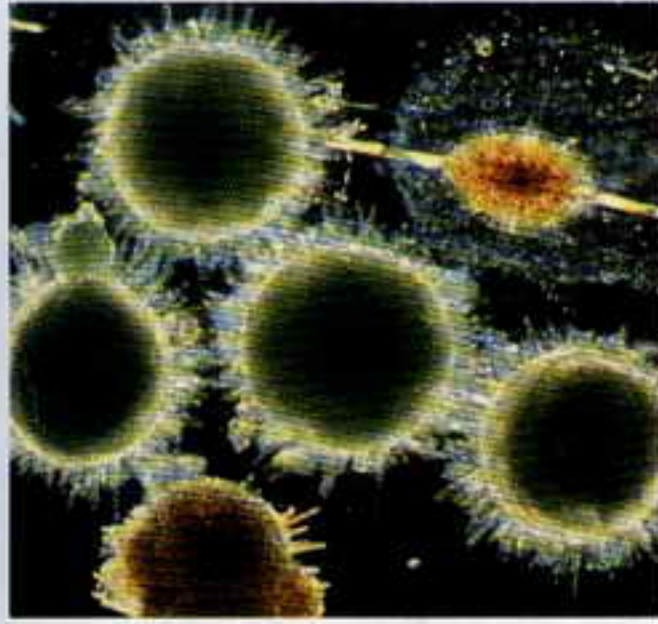


من خصائص الحياة



الحياة النباتية

النباتات مُستقرّة في مواقعها، لكنّها حيّة كسائر الكائنات الحيّة. فشجرة البلوط، مثلاً، تستمدّ الطاقة من ضوء الشمس، وتُخلّق بها غذاءً تستخدمه في النّمو والتكاثر. ومع أنّ الشجرة عديمة أعضاء الحسّ الخاصّة، فإنّها قادرة على استجابة الضوء والاستجابة له.



الحياة العوالية

معظم أشكال الحياة أصغر حجماً من البشر بكثير. هذه المتعضيات العوالية الدقيقة تتجرف مع التيارات في غرض البحر. ورغم أنّ المتعضي الواحد منها بالغ الصغر وضآلة الوزن فإنّ ورنها مُجمّعة يُقدّر بملايين الأطنان.

مكنة عديمة الحياة

تتصرّف الروبوتات أحياناً كأنّها حيّة، لكنّها في الواقع مكينات مُعقّدة لا حياة فيها. صحيح أنها تستطيع استخدام الطاقة للتحرك، لكن الروبوت لا يستطيع الحصول على تلك الطاقة ذاتياً - بل يعتمد على الإنسان لتوفيرها له. كذلك فإن الروبوت لا ينمو ولا يتوالد؛ وهو، بدون صيانة مُنظمة، مألّه إلى البلى والتفكك.



شكل

الروبوت

ثابت - لا

ينمو ولا

يتطوّر دون

عمل

الإنسان.

لمزيد من المعلومات انظر

التخليق الضوئي ص ٣٤٠

الغذاء ص ٣٤٢

التنفس الخلوي ص ٣٤٦

البيئة الباطنية في الأحياء ص ٣٥٠

النمو ومراحله ص ٣٦٢

التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

التناسل الجنسي ص ٣٦٧

التفاعلات الكيميائية داخل جسد الفأرة تُوفّر لها طاقة التحرك والدفع.

تستخدم صغار الفئران طاقة الطعام ومغذياته لنمو.

أثناء التنفس، تأخذ الفأرة الأكسجين وتزفر ثاني أكسيد الكربون كمادة فضلاتية.

تستخدم الفأرة الأنثى طاقة الطعام ومغذياته (المواد الأولية) لإنتاج اللبن لصغارها.

خصائص الحياة

المهمة اليومية الملحة لدى هذه الفئران هي إيجاد الغذاء لتزويد أجسادها بالطاقة. وهي تستخدم حواسها لتقصي ما يمكنها أكله ولإجتناب الخطر. يتأكسد الطعام في خلايا جسد الفأرة فتُحْصَلُ على الطاقة، وينتج ثاني أكسيد الكربون كمُنتج فضلاتي. وتفيد الفأرة من المغذيات في الطعام لبناء خلايا وأجزاء جسدية جديدة. وفي غضون ستة أسابيع من ولادتها تبلغ الفأرة مرحلة النضج والتكاثر.

نظام من الشواش

يرتخي نابض الدمية تدريجياً، فينبغي إعادة شده بتدوير مفتاحه. وقد تصدأ الدمية أو تنكسر بعد بضع سنوات. فهذا من طبيعة الكائنات اللاحية. أمّا الكائنات الحية فتعمل بطريقة مختلفة - فهي تأخذ الطاقة وتستخدمها في بناء بنى معينة كخلايا والمحار. وهذه القدرة على خلق نظام معين من شواش خاصّة فريدة تميّز بها الكائنات الحية، وهي تفقدتها طبعاً بالموت.

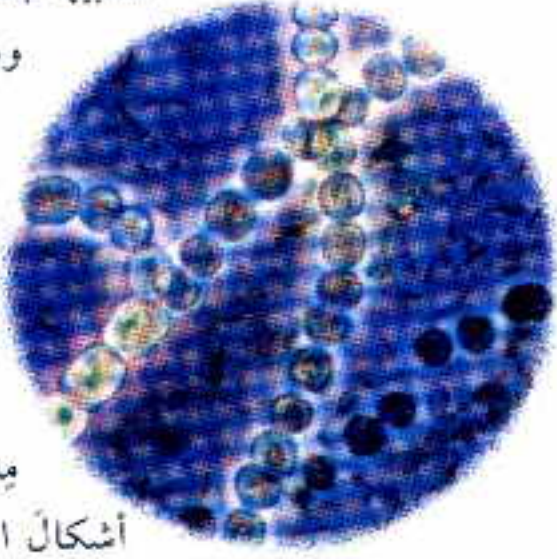
هذه الصدفة كانت بيتاً لنوتي صدي - وهو حيوان بحري من الرخويات. فمع نمو الحيوان تتنامى محارته أيضاً بإفرازه الكالسيوم؛ وهذا يتبلور تدريجياً لتكوين صدفة جديدة.



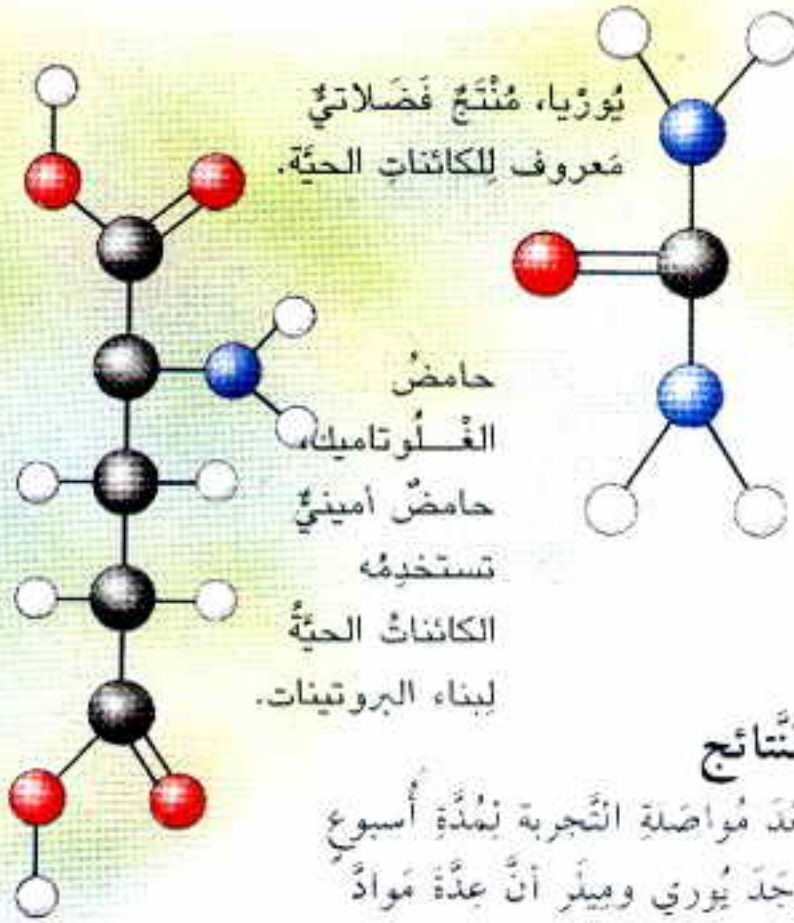
بدايات الحياة

أقدم أشكال الحياة

هذه الطحالب الخضراء المزرقة البسيطة الشبيهة بالنباتات تسمى سيانوبكتيريا. وهي تستوطن عادة المياه الضحلة وتُصنع غذاءها بالتحليل الضوئي. وقد وجد الجيولوجيون جدران أحفورية من هذه البكتيريا يعود تاريخها إلى ٣٥٠٠ مليون سنة - مما يشير إلى أن أشكال الحياة هذه كانت بين الأقدم على الأرض.



وجد كوكبنا الأرضي منذ حوالي ٤٥٠٠ مليون سنة؛ وفي سنيها الأولى، كانت الأرض حارة جدًا ومحفوظة بالمخاطر لا يمكن للكائن حي العيش فيها. فقد كانت تقصفها الرُّجُم والنيازك، وتُمزقها الانفجارات البركانية. وحين أخذت الأرض تبرد صار سطحها أهدأ، فتكوّنت الغيوم، من بخار الماء في الجو - الذي ابتعثته الثورانات المستمرة، وهطلت الأمطار. وفي ذاك الماء ظهرت الحياة منذ أكثر من ٣٥٠٠ مليون سنة. بعض الناس يعتقدون بخصوصية خلق مختلف الكائنات الحية، أي، إن كل نوع حي قد خلق خلقًا خاصًا. لكن معظم العلماء يقولون بنشوء الحياة عبر سلسلة من التفاعلات الكيماوية التي حدثت اتفاقًا؛ وعلى مدى ملايين السنين، بنت تلك التفاعلات، ببطء شديد، كائنات حية من مواد كيماوية بسيطة.



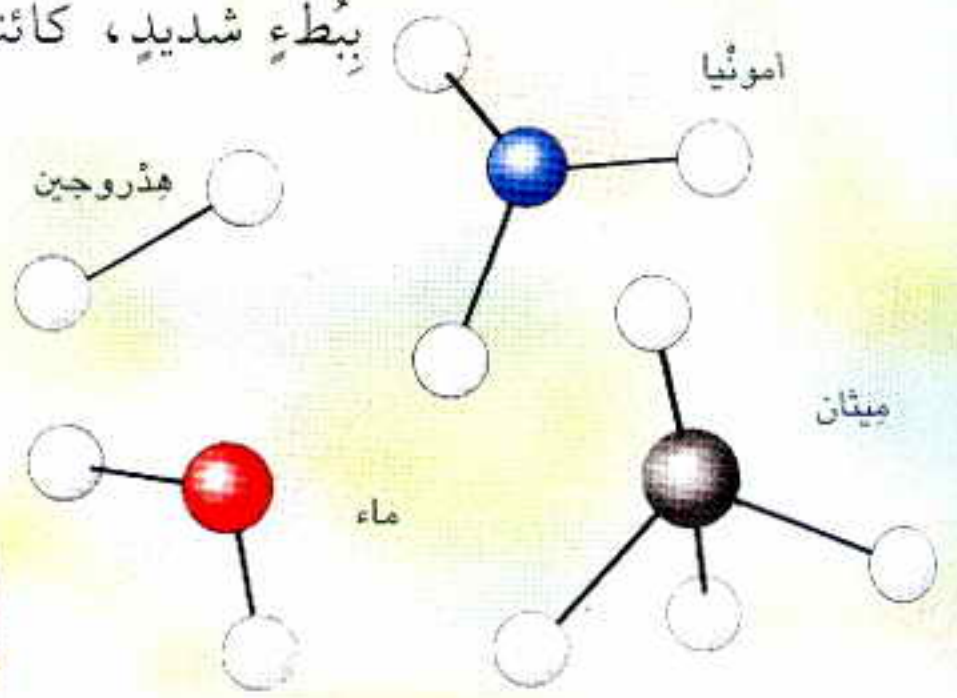
النتائج

بعد مواصلة التجربة لمدة أسبوع وجد يوري وميلر أن عدة مواد جديدة مُعقّدة قد تكوّنت، بينها بعض الأحماض الأمينية. هذه الأحماض هي كيماويات مهمة ترتبط معًا فتكوّن البروتينات - التي هي وحدات بناء الحياة.



الطاقة الناتجة عن الشرارات الكهربائية سببت تفاعل الكيماويات في الوعاء بغضها مع بعض.

الميثان والأمونيا والهيدروجين في وعاء وشد بإحكام.



مقومات أولية

كانت بحرًا وأجواء الأرض الباردة تحوي كيماويات بسيطة كالماء والميثان والأمونيا والهيدروجين. وفي تجربتهما الشهيرة وضع يوري وميلر مزيجًا من هذه الكيماويات في وعاء شد بإحكام. وكان هدفهما معرفة ما قد يحدث عندما تتفاعل تلك الكيماويات بعضها مع بعض.

مهّد الحياة

تتصور أن كوكب الأرض الناشئ كان مغطى بسحوبات تحوي كيماويات بسيطة، وأن طاقة ضوء الشمس وشرر التفريغ البرقي جعلت تلك الكيماويات تتفاعل بعضها مع بعض. ولعل تلك التفاعلات مع الزمن خلقت كيماويات يمكنها انبثاخ ذاتها، أو تكوين أغشية تحميها من العالم الخارجي. في العام ١٩٥٣، أخضع الكيماويان الأمريكيان هارولد يوري وستانلي ميلر هذه الفكرة للتجربة، فتبين لهما إمكانية أبناء المواد المعقدة التركيب من مواد بسيطة.

هذا الرُّجُم الحديدي سقط من الفضاء منذ ٢٠,٠٠٠ سنة.



الحياة في كواكب أخرى

إذا كانت الحياة قد نشأت اتفاقًا على الأرض بتفاعلات كيماوية طارئة، فمن الممكن أن تكون قد نشأت في أماكن أخرى من الكون بطريقة نفسها. فالحياة على الأرض عمادها المركبات الكربونية كالأحماض الأمينية. وقد وجد العلماء مقادير ضئيلة من هذه الأحماض في بعض الرُّجُم. كما اكتشف الفلكيون كيماويات أبسط عمادها الكربون في الغبار المُنتشر عبر الفضاء.

حياة من حياة

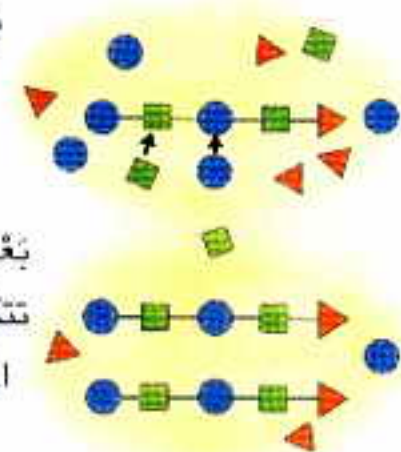
فيما مضى، اعتقد بعضهم أن كائنات حية يمكن أن تتولد فجأة من مواد عديمة الحياة. فكانوا يظنون، مثلاً، أن يرقانات الذباب تنشأ من اللحم الفاسد، لكن التجارب التي أجراها كل من العالم الإيطالي لازارو سبيلانزاني (١٧٢٩-١٧٩٩) والعالم الفرنسي لويس باستور (١٨٢٢-١٨٩٥)، أثبتت خطأ ذلك الفرض. فالكائنات الحية، كما نعرفها اليوم، تتكون دائماً بالتوالد.



تضع الذبابة الزرقاء (كالليفورا قوميثوريا) بيوضها على اللحم، فتتضمن ليرقاتها، عندما تفقس، مؤونة وافرة من الغذاء.

المركب الكيماوي الأصلي

يجذب كيماويات أخرى ويتفاعل معها.



التكاثر الكيماوي

قد تكون الحياة بدأت بطريقة بسيطة؛ كأن يكون مركب كيماوي دخل اتفاقًا في سلسلة من التفاعلات أنتجت نسخة مثيلة له، وأن هذه النسخة، عبر تفاعلات مثيلة، كررت انبثاخ نفسها أيضًا. فيكون المركب الكيماوي بذلك قد تمكن من التكاثر - الذي هو من خصائص المادة الحية!

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- الهيدروجين ص ٤٧
- الأرض ص ٢٠٩
- الخلايا ص ٣٣٨
- التحليل الضوئي ص ٣٤٠
- الوراثيات ص ٣٦٤

التطوُّر (النشوء بالتحوُّل العُضويّ)

نحن لا نستطيع العودة بالزمن مئات ملايين السنين إلى الوراء لنرى كيف كانت الكائنات الحيّة. لكن بإمكاننا تعرّف الكثير عن الماضي السحيق بدراسة الأحافير. فالأحفورة تتكوّن بأنطمار الكائن الحيّ تحت الوحول والأتربة، فتتخلّ أجزاءه الطريّة، نباتاً كان أم حيواناً ولا يبقى منها أي أثر. أمّا الأجزاء الصلدة كالسُوق والعظام والأسنان والصدف فتتحوّل ببطء شديد. وتبيّن الأحافير من شتى أقطار العالم أنّ الكائنات الحيّة قد تغيّرت تدريجيّاً على مرّ ملايين عديدة من السنين. فبعض الأنواع انقرضت، وتنشأت أنواع جديدة من أنواع أقدم في عملية تغيّر بطيء تُدعى التطوُّر.

الأركيوتريكس كان ذا أسنان وتديّة الشكل، كاسنان الزواحف تماماً.



جسم بحجم
فرخ الدجاج

رجلان أماميتان طويلتان
مكسوتتان بالريش.

الوان الصورة تخيلية، فلا أحد يدري ماذا كانت
الوان الأركيوتريكس.

حلقة بين الزواحف والطيور

يُعرّف في النادر على أحفورة تُبيّن كيفية نشوء فئة رئيسيّة من الكائنات الحيّة من فئة أخرى. من نوادر الأحافير هذه الأركيوتريكس «تعني اللفظة الجناح القديم». وتبيّن الأحفورة حيواناً ذا خراشف وأسنان كالزواحف، وريش كالطيور. من ذلك يستنتج البيولوجي، بشبه اليقين، أنّ الطيور قد تطوّرت من الزواحف.

ذيل طويل كذيل الزواحف

سجل أحفوري

وُجِدَتْ أحفورة الأركيوتريكس هذه في ألمانيا عام ١٨٦١. ويبدو أنّه تطوّر من ذبذصورات صغيرة كانت تسير على قائمتين.

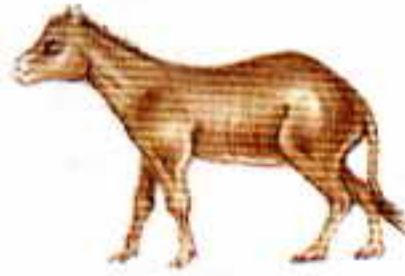


تطوُّر الحصان

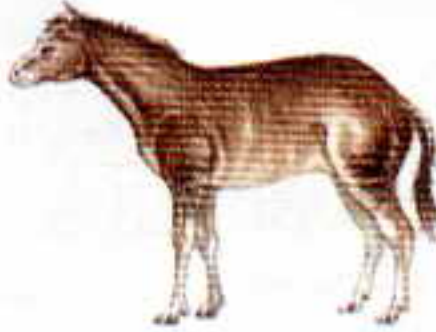
تبيّن الشواهد الأحفوريّة أنّ الحصان المعاصر قد تطوّر من أسلاف أصغر كثيراً ذات نمط عيش مختلف تماماً. حجم الحصان القديم، هيراكوثيريوم، كان بحجم كلب صغير، وكان رباعي الأصابع في حافري القدمين الأماميتين يعتاش برعي أوراق الشجر. وعلى مدى ملايين السنين، تزايد حجم سلالاته وتحوّل غذاؤها من ورق الشجر إلى الأعشاب. كما طالت أرجلها وقلّت أصابع الحافر فيها؛ ويسر لها ذلك سرعة الهروب من أعدائها في الشهور المكشوفة.



عاش الهيراكوثيريوم منذ أكثر من ٥٠ مليون سنة. ولعلّه كان يلجأ إلى الاختباء من أعدائه لصغر حجمه وعجزه عن سرعة العدو.



الميزوهيپس عاش منذ حوالي ٣٠ مليون سنة وكانت قوائمه أطول وقدماه الأماميتان ثلاثيّة الأصابع.



ظهر الميريكيپس، أوّل الخيل العاشية، منذ حوالي ٢٠ مليون سنة، وكان ثلاثي أصابع الحافر أيضاً - لكنّ إحداها اتخذت شكل حافر كبير.



إيكوس، الحصان المعاصر نشأ منذ حوالي مليوني سنة، وكان عاشباً أيضاً؛ ذا حافر أحادي الإصبع.

نمط مُشترك

يُعمل التطوُّر على مُهاياة أشياء مُتواجدة قبلاً. فقد يتطوّر أحد الأنواع إلى أنواع أخرى، مُختلفة شكلاً، لكنّها تُشترك في النمط الأساسي ذاته، واللّبونات (الثدييات) مثّل جيّد على ذلك؛ فأطرافها الأماميّة مُتعددة الأشكال والأحجام تقوم بوظائف مُختلفة - من السباحة إلى الطيران. لكنّ البنية الأساسية لها جميعاً مُتماثلة، ممّا يوحي بأنّ اللّبونات قد تطوّرت من سلف مُشترك.



الذراع البشريّة تحوي مجموعتين من العظام الطويلة، وتتألف اليد من خمس مجموعات من عظام الأصابع.



جناح الخفاش يحوي مجموعتين من عظام «الذراع» وينبسط بخمس مجموعات من عظام «الأصابع» الطويلة.

زعنفه الدلفين
الأماميّة تحوي مجموعتين من عظام «الذراع» وخمس مجموعات من عظام «الأصابع».

جورج لويس بوفون

في القرن السابع عشر، كان الاعتقاد السائد أنّ للكائنات الحيّة خصوصيّة الخلق؛ وأنّ كلّ نوع من النبات أو الحيوان ذو خصائص ثابتة لا تتحوّل. وهو رأي لا يزال بعض الناس يقولون به. وكان الكونت الفرنسي، جورج لويس بوفون (١٧٠٧-١٧٨٨)، العالم الطبيعيّ الثري، من أوائل المُشكّكين بفكرة الخلق الخاصّ خلال أبحاث أجراها تمهيداً لمؤلّفه «التاريخ الطبيعي» في ٤٤ مجلداً. فهو ارتأى حتميّة أنّ بعض أنواع النباتات والحيوانات أنتجت أنواعاً أخرى؛ فكان بذلك من أوائل من كتبوا في موضوع النشوء والتطوُّر.



لمزيد من المعلومات انظر

- الأحافير ص ٢٢٥
- آليّة التطوُّر ص ٣٠٩
- تصنيف الكائنات الحيّة ص ٣١٠
- الزواحف ص ٣٣٠، الطيور ص ٣٣٢
- الوراثيات ص ٣٦٤
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

آلية التطور

لماذا تتغير النباتات والحيوانات ببطء من جيل إلى جيل؟ لقد جاء الجواب عن هذا التساؤل متوافقاً من عالِمين بيولوجيين، توصّلا إليه مُستقلين في القرن التاسع عشر، هما تشارلز داروين وألفريد راسل والاس. فقد عرّفا أن أفراد النوع الواحد تتباين قليلاً فيما بينها، وأن هذه التباينات يمكن أن تنتقل إلى الجيل التالي. ولم تغب عنهما حقيقة أن أفراد النوع الواحد، كما سائر الكائنات الحية، تتنافس على الموارد الضرورية، كالطعام، من أجل البقاء. وأن الخلف ذا التغيرات الأكثر ملاءمة للبيئة هو الأوفر حظاً بالبقاء والتناسل. وهكذا يتطور النوع، بالانتخاب الطبيعي، ليصبح أكثر ملاءمة لبيئته وطرائق عيشه.

شُرشور الشوكة يُنبت شوكة صبار في منقاره لالتقاط الحشرات من بين شقوق اللحاء.

الشُرشور الصّادح ذو المنقار الحادّ المُستدق الطرف يقتصر غذاؤه على الحشرات.



الشُرشور

الأرضي الكبير يغتذي غالباً بالبروز الكبيرة، يستخرجها من أغلفتها



بمنقاره الغليظ.

شُرشور الشجر الصغير يغتذي بالحشرات التي يلتقطها بمنقاره الدقيق.



شُرشور الصّبار الأرضي حادّ المنقار يغتذي بالبروز غالباً مع بعض الحشرات.



شُرشور الشجر ذو المنقار الأعقف نباتي يغتذي ببراعم الشجر وأوراقها.

شُرشوريات غلاپاغوس

خلال رحلة حول العالم، استغرقت 5 سنوات على متن الباخرة البيغل، جال تشارلز داروين، عام ١٨٣٢، في جزر غلاپاغوس النائية بعيداً عن الساحل الغربي لأمريكا الجنوبية، حيث شاهد العديد من الحيوانات الفريدة بما فيها ١٣ نوعاً من طائر الشُرشور. درس داروين هذه الأنواع في مختلف الجزر بعناية ملاحظاً نقاط الشبه والاختلاف فيما بينها. فتوصّحت له فكرة تحدّثها من أصل واحد جاءها من البر الرئيسي. فالشُرشور الأصلي كان يغتذي بالبروز ويدرج على الأرض، لكن أنسأله طورت أشكال مناقيد مختلفة وأساليب عيش متباينة، بحيث إن آكلات البروز أصبحت مناقيدها كبيرة وقوية، بينما آكلات الحشرات غدت مناقيدها رفيعة مُستدقة الطرف.

تنازع البقاء

وضعت هذه العنكبوتية منات البويضات، لكن صغارها لم تسلم جميعها وسيموت الكثير منها قبل أن تتمكن من التناسل. ولولا تنافس العنكبوتات على الطعام والماوى، اللامتوافرين بسهولة، لكانت العناكب اكتسحت العالم.



عنكبوتية تحمل صغارها على ظهرها

الانتخاب الاصطناعي

لا تحدث التغيرات ضمن النوع طبيعياً دائماً، فالنطق اللونية على هذه الأزهار هي تقلبات اصطناعية - نتجت بتعرض النبتة للإشعة السينية. هذه الإشعة غيرت التركيب الجيني (الوراثي) في النبتة بحيث انتقلت هذه النطق اللونية إلى الجيل التالي؛ ويمكن تكثير هذه الخاصية المُحطّطة باستنبات هذه النبتات بالتأثير الاصطناعي. إن العمل على نشر التغيرات النباتية والحيوانية هكذا هو انتخاب اصطناعي.



تشارلز داروين وألفريد راسل والاس

خَطَرَتْ نظرية الانتخاب الطبيعي، أو بقاء الأصلح كما تُسمّى أحياناً، إكل من داروين (١٨٠٩ - ١٨٨٢) ووالاس (١٨٢٣ - ١٩١٣). وقبل نشر أعمالهما عام ١٨٥٨، اعتقد الكثيرون أن النباتات والحيوانات تتطور بتغيرات خلال حياتها؛ وأن هذه التغيرات المكتسبة تنتقل من جيل إلى آخر فتحدث التطور. غير أن داروين ووالاس قدما بينات تدعم نظرية الانتخاب الطبيعي. وفي العام ١٨٥٩، لخّص داروين نظريته في كتابه «أصل الأنواع» الذي لا يزال من أهم الكتب الراجعة.

تطور البرغوث

الانتخاب الطبيعي لا يجعل الأشياء أكبر أو أكثر تعقيداً دائماً، فكثيراً ما ينكفي في اتجاه مغاير. ففي زمن قديم، طور أسلاف البراغيث أجنحة؛ لكن هذه الأجنحة لم تُقد البراغيث ولا لآمت طرائق عيشها؛ ونتيجة للانتخاب الطبيعي، فقدت البراغيث أجنحتها مُستعينة عنها بتطوير قوائم خلفية قوية تمكّنها من القفز على متن عائلها.



برغوث الارانب (شبيلولويسيلس كونيولي) يغتذي بدم الارنب.

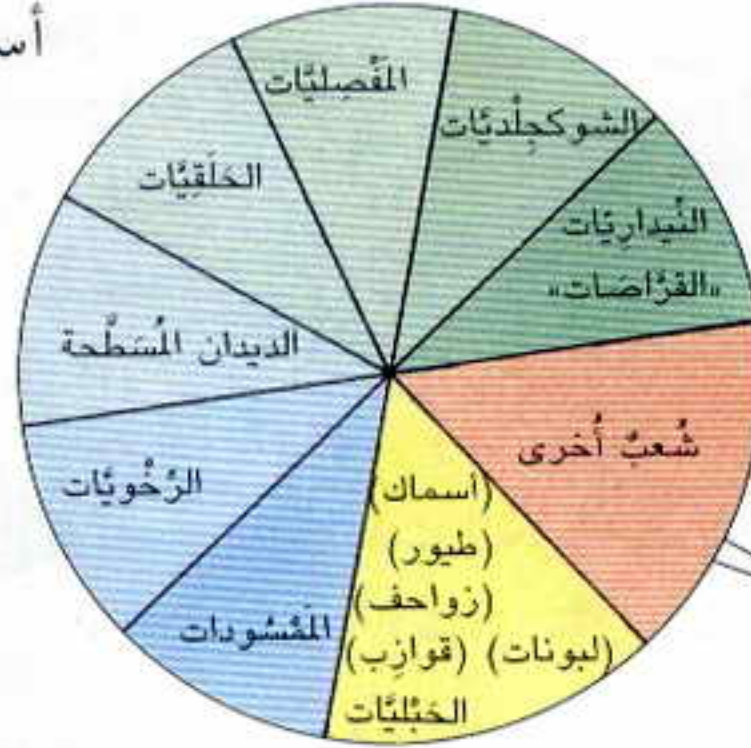
تقليمات البتونيا هذه حدثت بالانتخاب الاصطناعي.

لمزيد من المعلومات انظر

- الطيور ص ٣٣٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الوراثيات ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- الصّحاري ص ٣٩٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

تصنيف الكائنات الحية

هذا المخطط يُبَيِّنُ بعض
الشعَب في مملكة الحيوان.



شُعْبَةُ الرِّخَوِيَّاتِ

تُضَمُّ شُعْبَةُ الرِّخَوِيَّاتِ حَوالى
٩٠,٠٠٠ نوعٍ ممَّا يجعلُها

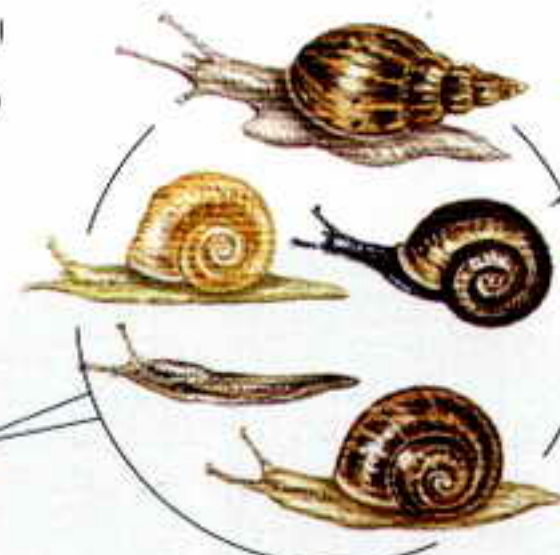
إحدى أكبرِ الشُعَب في عالمِ الحيوان.
تَلَفُّ جِسْمُ الحيوانِ الرِّخْو طبقَةَ الدِّثَارِ
التي تُفَرِّزُ صَدْفَةً صُلْبَةً في بعضِ الأنواع. تُقسَمُ
شُعْبَةُ الرِّخَوِيَّاتِ إلى سَبْعِ طوائفٍ - والقَوَاقِفُ الرُّومانيَّةُ يَتَمي
إلى طائفةِ بَطْنِيَّاتِ الأقدامِ.

طائفةُ بَطْنِيَّاتِ الأقدامِ

بَطْنِيَّاتِ الأقدامِ ذاتُ قَدَمٍ عَضَلِيَّةٍ شَبِيهَةٍ مَصْاصَةٍ بِتَحَرُّكِ
الحيوانِ رَحْطًا عليها. ولأغلبِ هذهِ الحيواناتِ رُؤُوسٌ بَيِّنَةٌ
التفاصيلِ وُعيونٌ فوقَ لَوامِسِها. وتتألفُ هذهِ الطائفةُ من
ثلاثِ طَوَيْفَاتٍ؛ والقَوَاقِفُ الرُّومانيَّةُ ذو رِثَّةٍ، لذا صُنِّفَ في
طَوَيْفَةِ الرُّثَوِيَّاتِ.

طَوَيْفَةُ الرُّثَوِيَّاتِ

تُقسَمُ هذهِ الطَوَيْفَةُ إلى رُثَبَيْنِ. فالقَوَاقِفُ
الرُّومانيَّةُ يَسْتَوِطُنُ اليابسةَ، وله عَيْنانِ في طَرَفَيْ
لَامِسِيَّتهِ، لذا صُنِّفَ في رُثَبَةِ ذاتِ اللَوامِسِ حَامِلَةِ
الْعُيُونِ
(سِيلُومَاتُوفُورَا).



رُثَبَةُ سِيلُومَاتُوفُورَا

تُضَمُّ هذهِ الرُثَبَةُ أصنافًا عديدةً من
الرِّخَوِيَّاتِ الهَوَائِيَّةِ التَّنَفُّسِ التي
تَسْتَوِطُنُ اليابسةَ، ولها أَعْيُنٌ على
مِجَسَّاتِها. وهي تُقسَمُ إلى
مجموعاتٍ مُتعدِّدةٍ، تُدعى
طوائفَ، وهذه تشملُ فصائلَ من
كلا القَوَاقِفِ والبَرَّاقِ المُشابهةِ،
رُغمَ أنَّ معظمَ البَرَّاقِ لا صَدْفِي.
ويَنتمي القَوَاقِفُ الرُّومانيَّةُ إلى فصيلةِ
الحلزونِيَّاتِ.

فَصِيلَةُ الحَلَزُونِيَّاتِ

الفصيلةُ في التصنيفِ
البيولوجيِّ تعني مجموعةً من
الأنواع. وَضَمَّنَ الفصيلةُ
توجدُ مجموعاتٌ من الأنواعِ
تُدعى أجناسًا. القَوَاقِفُ
الرُّومانيَّةُ يَتَمي إلى جنسِ
الحلزونِ لأنَّ صَدْفَتَهُ حَلَزُونِيَّةَ
الشَّكْلِ.

جنسُ الحَلَزُونِ (هَيْلِكْس)



النوع: الحلزون الثقاجي الشَّكْلِ
(هَيْلِكْس بوماشِيَا)



يُضَمُّ جنسُ الحَلَزُونِ عِدَّةَ أنواعٍ مُشابهةٍ جَدًّا، يُكَلِّ منها اسمُ
علميُّ ثنائيِّ التسمية. الجُزْءُ الأوَّلُ من الاسمِ يُعَيِّنُ الجِنْسَ الذي
تَنَسَّبُ إليه جميعُ الأنواعِ - في هذهِ الحالةِ الحَلَزُونِ
(هَيْلِكْس). والجُزْءُ الثانيُّ يُعَيِّنُ النوعَ ذاتهَ - وهو للقَوَاقِفِ الرُّومانيَّةِ
بوماشِيَا وَيَعني ثقاجي الشَّكْلِ. وهكذا، فالاسمُ العلميُّ الكاملُ
للقَوَاقِفِ الرُّومانيَّةِ هو الحَلَزُونِ الثقاجي الشَّكْلِ.

عالمُ (أو مَمْلَكَةُ) الحيوانِ

عالمُ الحيوانِ، أحدُ خَمْسِ مَجْمُوعَاتٍ رَاسِيَّةٍ
من الكائناتِ الحَيَّةِ، يَشْمَلُ حَوالى ٣٠ قِسْمًا
يُدعى كُلُّ منها شُعْبَةً. بعضُ هذهِ الشُعَبِ يَضُمُّ
كثرةً من الأنواعِ، بينما يحوي البعضُ الآخرُ قَلَّةً
فقط. القَوَاقِفُ الرُّومانيَّةُ، مثلاً، يَتَمي إلى شُعْبَةِ
الرِّخَوِيَّاتِ.



التَّصنيفُ

لقد بيَّنا على هذهِ الصفحةِ نَسَقَ تصنيفِ
نوعٍ واحدٍ هو القَوَاقِفُ الرُّومانيَّةُ.
لاحظْ أنَّ التصنيفَ بدأ بعالمِ الحيوانِ
في أعلى الصفحةِ وأخذَ يَنْحَصِرُ حتى
تحديدِ نوعٍ واحدٍ في أسفلها - تَبَعًا
لخصائصٍ مُتنوعةٍ. هذهِ الفئاتُ
التصنيفيَّةُ ابتدعها البيولوجيون كَأقسامٍ
في نظامِ إصْبَارَاتٍ ضَخْمٍ. وهم كثيرًا ما
يستخدمون أقسامًا إضافيةً أخرى غيرَ
مُبيَّنةٍ هنا، كَشُعْبَةٍ وَرُثَبَةٍ عُلْيَا أو قَوَاقِفَةٍ.

الكائنات الحيّة



يضمُّ عالمُ الحيوان مُتعضّياتٍ عديدةً الخلايا تُعاش بتناول الطعام. معظمُ الحيوانات قادرٌ على الحركة والتنقل، لكن بعضها يُمضي قسماً كبيراً من حياته مُثبتاً في بقعة واحدة. وجدران الخلايا الحيوانية غير جاسئة.

يضمُّ عالمُ النبات مُتعضّيات تُستخدمُ الكلوروفيل (البيخضور) لِتُسخّر طاقة ضوء الشمس في تخليق غذائها. جدرانُ خلايا النبات جاسئة لأنها تتألف من السليولوز.

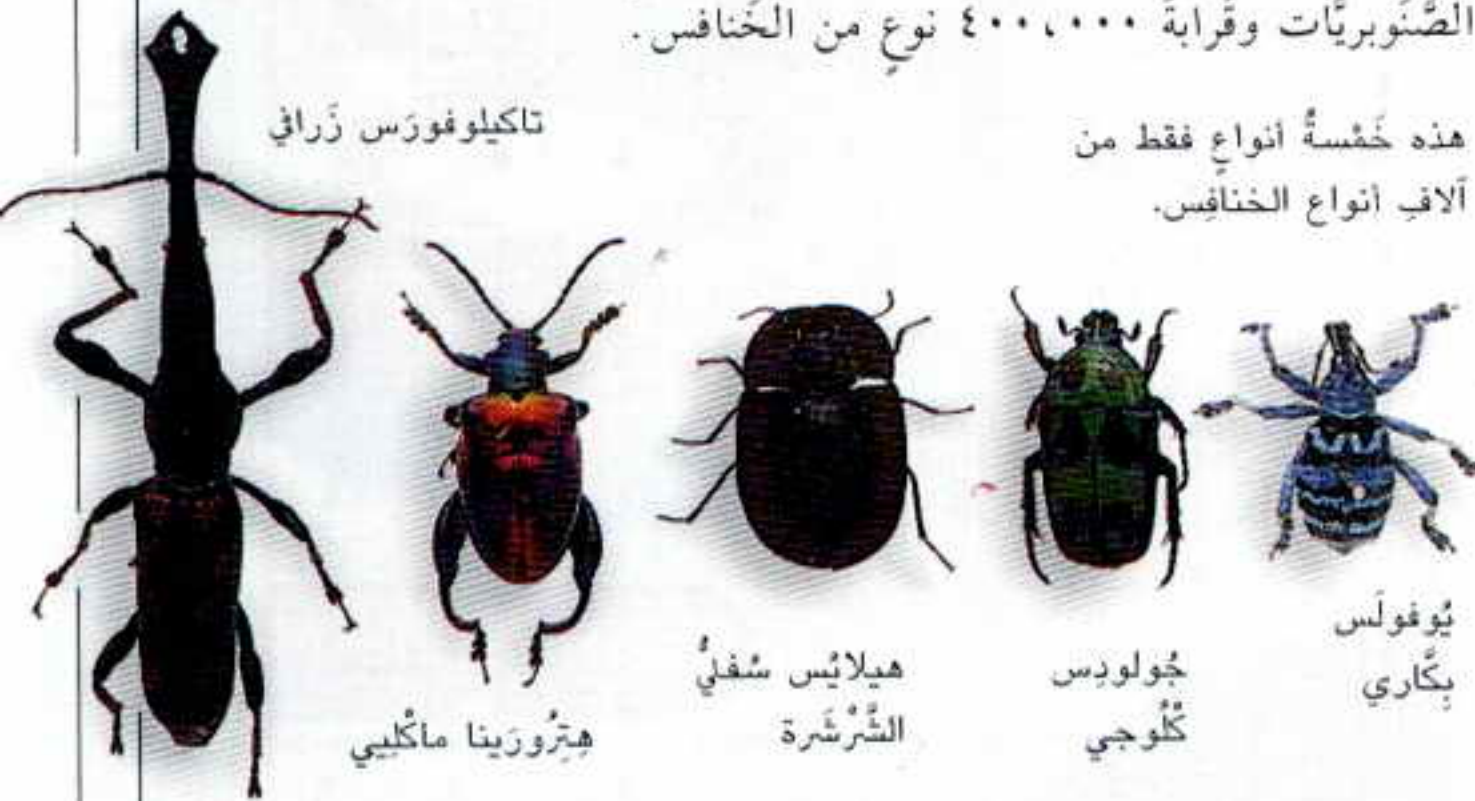
عالمُ الفطريات يتألف من مُتعضّيات تتمصّ مواد انتجتها أصلاً كائنات حيّة أخرى. أحياناً تُعاملُ الفطريات كنباتات، رغم أن بني خلاياها وأساليب عيشها مُختلفة تماماً.

عالمُ الأولي يتألف من مُتعضّيات وحيدة الخلية سوية النواة. وهي في غاية التنوع بحيث يُدرج بعض البيولوجيين فيها الطحالب الوحيدة الخلية التي يرثي آخرون أنها تنتمي إلى عالم النبات.

يتألف عالمُ بدائيات النوى (المونيرا) من المُتعضّيات الوحيدة الخلية - البكتيريا والطحالب الخضراء المزرقة المعروفة بسيانوبكتيريا. إن خلية المونيرا بسيطة عديمة النواة. أما جميع الكائنات الحيّة الأخرى فخلاياها سوية النوى.

كَمْ نوعاً الكائنات؟

لا يزال البيولوجيون يجهلون العدد الحقيقي لأنواع الكائنات الحيّة المتواجدة على الأرض. فقد اكتُشف وصُفّ حتى اليوم قرابة مليوني نوع، لكن قد يكون العدد عشرة أضعاف ذلك. فنحن نعرف حوالى ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات وقرابة ٤٠٠,٠٠٠ نوع من الحنافس.



هذه خمسة أنواع فقط من آلاف أنواع الحنافس.

خمس عوالم من الكائنات الحيّة

فيما مضى، قسّم البيولوجيون الكائنات الحيّة إلى مجموعتين فقط: عالم النبات وعالم الحيوان. فتميّز الفرق بين النبتة والحيوان بدا لهم أمراً سهلاً. فالنباتات خضراء مُجذّرة في مكان واحد، وهي بحاجة إلى الضوء لِتُحيا. أما الحيوانات فتنتقل عادةً من مكان إلى آخر وتغذي بأشياء أخرى. لكن اكتشف البيولوجيون لاحقاً أن الكائنات الحيّة ليست على ذلك القدر من البساطة. ففي قبضة من التراب، أو سطل من الماء، هنالك أعداد لا حصر لها من الكائنات الحيّة الدقيقة التي لا تنتمي لأي من العالمين المذكورين. والمتعارف اليوم تقسيم الكائنات الحيّة إلى خمسة عوالم؛ ومع تغيّر المفاهيم حول علاقاتها بعضها ببعض، تتغيّر كذلك الطريقة التي تُصنّف بها.



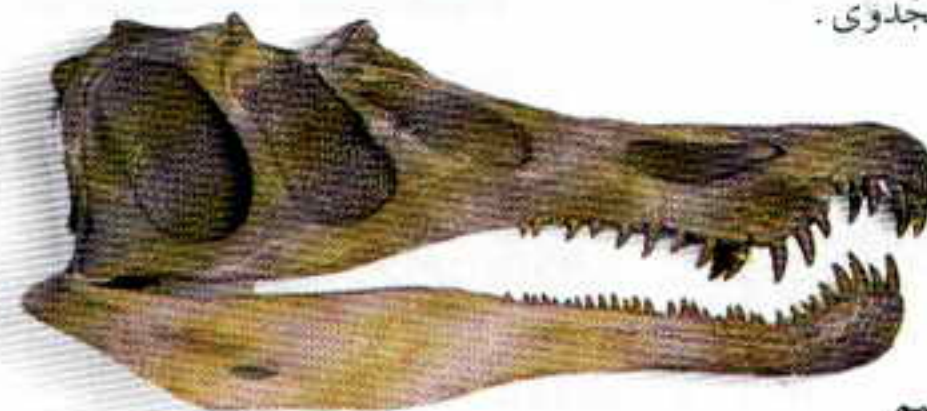
الإنسان حيوانات قصيرة العنق
النعام حيوانات طويلة العنق
الأسد حيوانات أمامية العينين
الطاووس حيوانات جانبية العينين



الإنسان حيوانات ذات يدين
الأسد حيوانات ذات مخالب
النعام حيوانات لا تقوى على الطيران
الطاووس حيوانات مكشوفة بالريش

خصائص عديمة الأهمية

يُحاول البيولوجيون تصنيف الأنواع بطريقة تُبيّن كيفية ارتباطها بالتطور. لذلك فهم يَخترُون الخصائص التي تشترك فيها الأنواع المُختلفة. لكن أي الميزات هي الأهم؟ مُحطّط العلاقات أعلاه يُبيّن أحد السبل لِتصنيف أربعة حيوانات على أساس شكلها الخارجي؛ وهذه طريقة قليلة الجدوى.



اختيار الاسم

المُكتشف الأول لنوع جديد من الكائنات له شرف اختيار اسم ذلك النوع. هذه جمجمة دينصور يُدعى بارينونكس ووكري. فالجزء الأول من الاسم يُشير إلى مخالب الدينصور الثقيلة؛ أما الجزء الثاني فيُحيي ذكرى المُكتشف - بل ووكري.

خصائص مهمّة

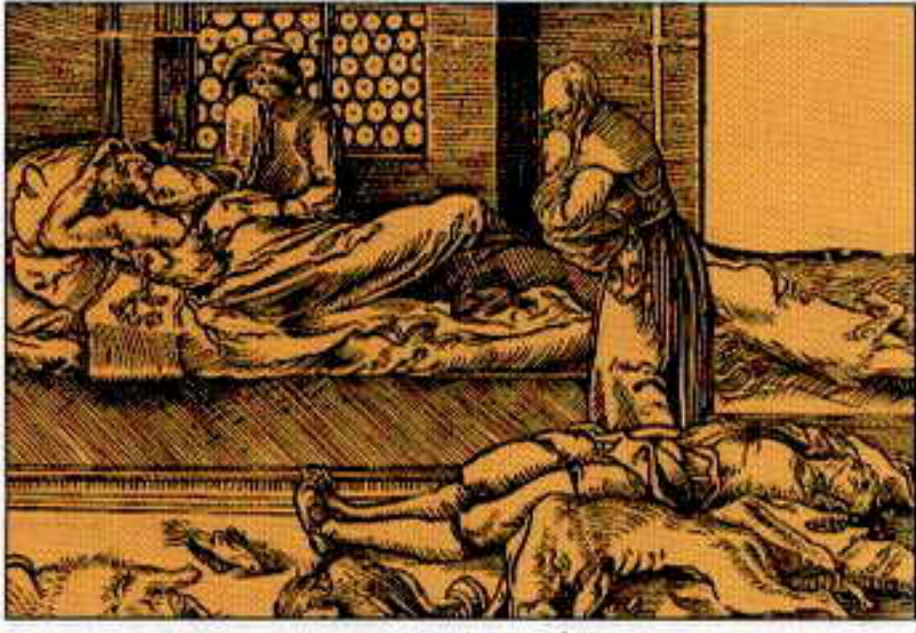
يُوحى مُحطّط العلاقات الأول أن النعام أوّل صلة بالإنسان منها بالطاووس؛ لكن الإدراك السليم يستبعد ذلك، لأن النعام والطاووس كلّها مكشوفة بالريش وذات مناقيد، بخلاف الإنسان. فمحطّط النسب أعلاه أكثر معقولة، لأنه يعتمد سمات أساسية، كالريش وبنية العظام، وهي تعطي دلائل تصنيف أفضل.

لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العضوي) ص ٣٠٨
- آلية التطور ص ٣٠٩
- الرُخويات ص ٣٢٤
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

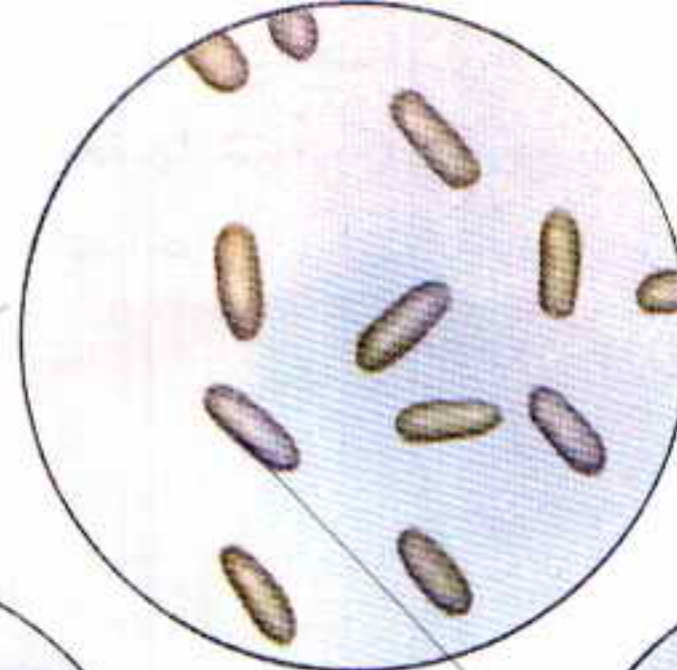
الجراثيم (البكتريا)

إذا تركت كوبًا من اللبن (الحليب) خارج البراد في طقس دافئ، فسيَحْمَضُ اللبنُ بعد وقت قصير. إنَّ سببَ هذا التحوُّل هو النُّمُو السريع لِمَتَعَضِّياتٍ مِجْهَرِيَّةٍ وَحيدة الخلية بدائية النواة تُعرَفُ بالجراثيم (البكتريا). والبكتريا هي أكثر الكائنات الحية انتشارًا على الأرض، فهي تتواجد في الهواء وفي التراب وفي جميع أنواع النباتات والحيوانات وعليها، بما فيها الإنسان. حتَّى إنَّ بعض أنواعها يوجد في الينابيع الحارة وفي الجليد أيضًا. والبكتريا أنواعٌ مُختلفةٌ عديدة - بعضها مؤيدٌ

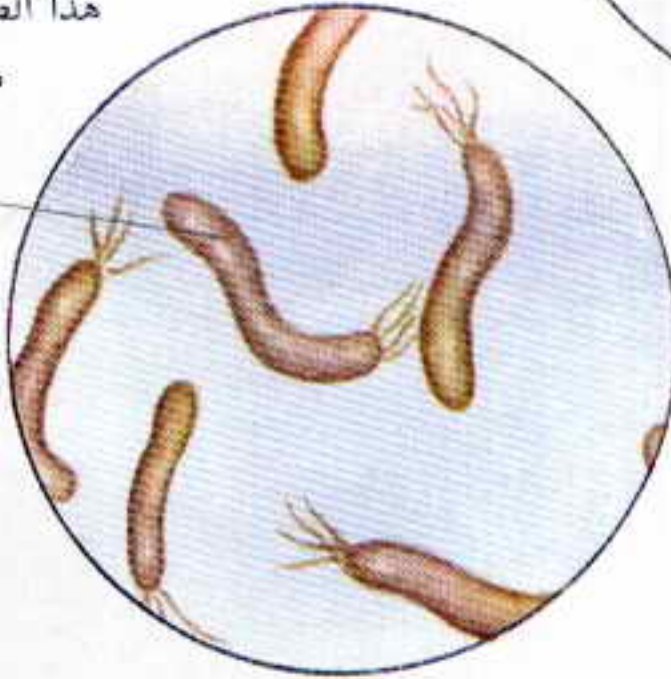


الطاعون الدبلي (الدمل)

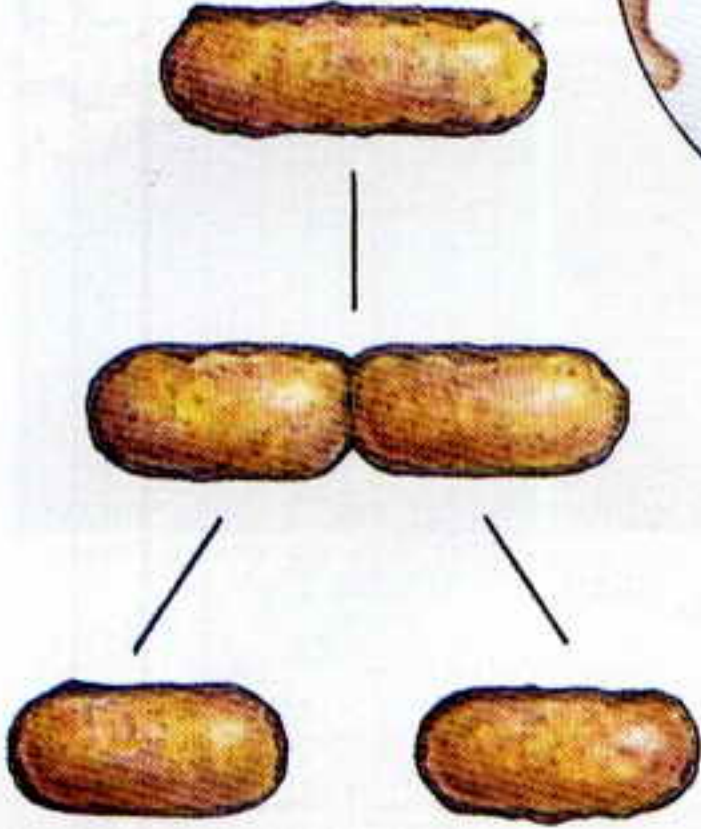
قَبْلَ اختراع المضادات الحيوية، كانت الأمراض الجرثومية أحيانًا تكتسح مناطق واسعة بأوبئة مروعة. فخلال القرنين الثالث عشر والسابع عشر، اجتاحت أوروبا الطاعون الدبلي، المعروف بالموت الأسود، فقتل على ملايين البشر. وتسبب هذا الطاعون جراثيم تعيش في الجرذان وتنتقل منها إلى الإنسان بواسطة البراغيث.



الغصية جرثوم
غصوي الشكل،
يعيش منفردًا أو في
سلاسل.



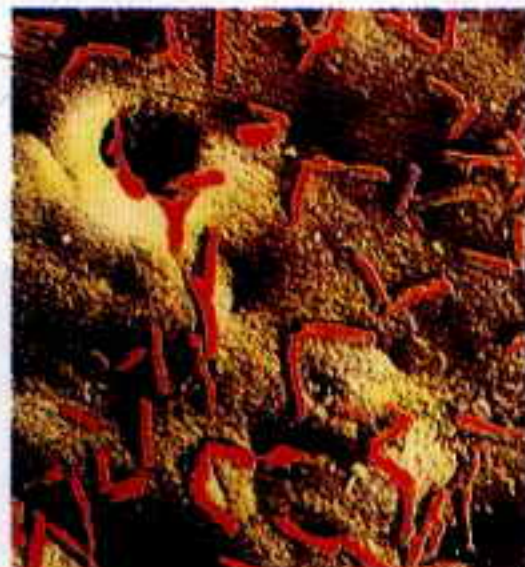
الخلية لولبية الشكل.
بعض الخلايا
تؤلف سلاسل.



التكاثر الجرثومي

تتكاثر الجراثيم (البكتريا) غالبًا بالانقسام - أي بانقسام الخلية إلى اثنتين. ففي ظروف ملائمة - من الدفء والرطوبة ووفرة الغذاء - تنقسم الخلية إلى اثنتين كل ٢٠ دقيقة؛ أي إنَّ الجرثومة تُنتج ثلاثة أجيال خلال ساعة واحدة فقط. ففي ٢٤ ساعة تُنتج الانقسامات المتكررة حوالي ٥٠٠٠ بليون جرثوم!

بكتريا على سطح الشن



لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

وبعضها الآخر مُفيد. فالبكتريا المؤيدة تشمل تلك التي تُسبب الأمراض الخطيرة كالكزاز وإنتان (تسمم) الدم. وتشمل المُفيدة البكتريا المُفسخة التي تحلل الفضلات إلى موادها الأولية، والمُنترثة التي تثبت نيتروجين الهواء في جذور النبات، إضافةً إلى بكتريات التخليل ومُستخرجات الألبان.

الخلايا الجرثومية

الجرثومة أو الجرثوم النموذجي أصغر من الخلية الحيوانية بحوالي ١٠٠٠ مرة، فلا تشاهد تفاصيلها إلا بالمجهر الإلكتروني. والخلية الجرثومية ذات جدار ثخين، وهي غير متحركة. وتعيش البكتريا إما باستخدام طاقة الكيمائيات أو ضوء الشمس، أو بامتصاص مواد غذائية من العضويات الميتة كبقايا النبات والحيوان، أو من الخلايا الحية.

تكرير مياه المجاري

تلعب البكتريا دورًا مهمًا في معالجة الفضلات البشرية فلا تغدو من أسباب التلوث. في مجمع تكرير مياه المجاري تُنض السوائل الفضلاتية عبر طبقات من حَبِّ الفحم والحصاء الدقيقة، فتعمل فيها البكتريا المتواجدة في تلك الطبقات هاضمة الفضلات ومفككة إياها إلى مواد مأمونة أبسط. وهكذا يُمكن إعادة تلك المياه إلى الجداول والأنهار دون أن تُعرض الحياة البرية للضرر.

نخر الأسنان

تعيش في أجسادنا وعليها أنواع عديدة من البكتريا. فالبكتريا دائمة التواجد في الفم لاتصاله بالهواء. هذه البكتريا تعيش بهضم مخلفات الطعام، وإذا لم تُنظف أسنانك بأنظام، فستراكم تلك البكتريا، مكونة لويحات فلاحية بيضاء أو مصفرة. كذلك تُهاجم الحوامض التي تُنتجها تلك البكتريا ميناء الأسنان الصلبة؛ ومتى نخرتها يمتد النخر بسرعة إلى الطبقات الطرية تحتها.

روبرت كوخ

الطبيب الألماني
روبرت كوخ
(١٨٤٣-١٩١٠)،

ساهم في إرساء دراسة البكتريا كعلم طبي. ففي العام ١٨٧٦، اكتشف أنَّ الجرثوم المُسبب للجَمْرَةِ الخبيثة (داء يُصيب الماشية والإنسان) يُمكن استنباطه في المختبر. كما شَخَّصَ أيضًا البكتريا المُسببة للسُّلِّ والتهَيُّض (الكوليرا).



المتعضيات الوحيدة الخلية

الأماكن الرطبة كالبحار والغدران والأراضي السبخة تزخر بمتعضيات وحيدة الخلية تدعى الأوليات (البروتستا). ورغم أن هذه الكائنات الأولية أكبر من البكتيريا، فإن معظمها من الدقة بحيث لا يرى بالعين المجردة. والخلية في الأوليات تختلف اختلافًا بيّنًا عنها في البكتيريا، فهي تحوي نواة بالإضافة إلى عضيات تقوم بوظائف متنوعة للمحافظة على حياة الخلية. وتغذي الأوليات بطريقتين: فبعضها يُخلق الغذاء كالنبات - باستخدام طاقة ضوء الشمس؛ وبعضها الآخر، ويدعى الأولي الحيوانية (البروتوزوا)، يتصيد الفرائس ويأكلها. وجدير بالذكر أن الأوليات لا يمكن فرزها قطعًا كشبه نبات أو شبه حيوان، إذ إن بعضها شبيه بكلّيهما - يُخلق طعامًا باستخدام ضوء الشمس، وأيضًا يأكل متعضيات أخرى.



سرعة المتحركة القصوى
حوالي سنتيمترين في الساعة.



هَيُولَى الخلية السائلة تسري
عبر الأقدام الكاذبة حاملة
مغها عضيات.

كيف تتحرك المتحركة؟
تستطيع المتحركة (الأميبية) تحويل بعض من هَيُولَى خليتها (السيتوبلازم) إلى جامد هلامي، ثم إعادته ثانية إلى الحالة السائلة - فتصنع بذلك "أقدامًا" مؤقتة تدعى أقدامًا كاذبة. أثناء تحرك الأميبية تصبح جوانب تلك الأقدام جامدة وتثبت في موقعها، بينما تسري الأجزاء الأمامية والداخلية إلى الأمام.

هَيُولَى الخلية السائلة

هَيُولَى الخلية الهلامية

الفجوات الغذائية تهضم كل
ما تغتمره المتحركة؛ ثم تقذف
بالفضلات خارج الخلية.



الأوليات بانيّة الصخور

المُنْخَرِبَات كائنات أوليّة تعيش داخل محارٍ مجهرية غنيّة بالكالسيوم. وتتسبب على سطح كل محارة نخارب دقيقة تبرز منها "أقدام" خاصة لجمع الغذاء. تعيش المُنْخَرِبَات في البحر بأعداد ضخمة؛ وعندما تموت تتراكم محارها فوق قاع البحر وتتحول مع الزمن إلى صخور - كالجرف البيضاء الطباشيرية المبيّنة أعلاه.

لمزيد من المعلومات انظر
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
الخلايا ص ٣٣٨
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

خلية دم
بشريّة حمراء

قدم كاذبة

تعمل الفجوة القلوص كالمضخة،
فتجتم الماء الفائض ثم ترفقه
خارج الخلية.

تخكم النواة أعمال الخلية.
عند التكاثر تنقسم النواة
والخلية كلاهما إلى شطرين.

المتحركة (الأميبية)

المتحركة (الأميبية) نوع خاص من الأوليات التي لا شكل ثابت لها. فتتحرك خليتها الوحيدة الكيسية الشكل بالانسياب في أي اتجاه. تستوطن المتحركات المياه وتغذي باغتمار الفرائس، فيحتجز الطعام في فقاعات تدعى فجوات غذائية حيث يتم هضمه لاحقًا. تتكاثر المتحركة بانقسام الخلية إلى اثنتين.

تجول الديدينيوم
باحثة عن طعام.

صراع الأوليات

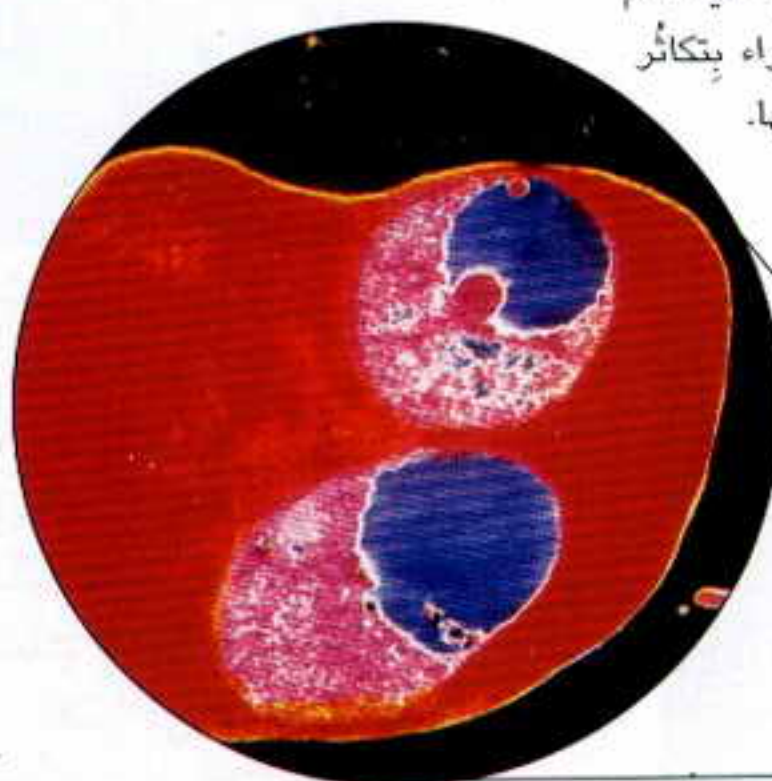
قد تكون الأوليات صغيرة، لكن عالمها يضم بعض الكائنات الضارية. هنا، الديدينيوم تهاجم الهلاميسوم مطلقه خيوطًا سامة على فريستها عند بدء المعركة. وبالرغم من أنها أصغر من فريستها بكثير، فهي تمتص لتبتلعها. هذان الكائنان الأوليان كلاهما من الهدييات التي تجذب عبر الماء بواسطة شعيرات دقيقة تدعى أهدابًا.

تدمر خلية الدم
الحمراء بتكاثر
غزاتها.

الناموس (البعوض) والمalaria (البرداء)

المalaria داء خطير يتسبب بخاصة في المنطقة المدارية، ويسببه طفيلي المalaria (الپلازموذيوم)، الذي ينقله البعوض في غرده اللعابية من المصاب إلى شخص سليم حيث يتكاثر داخل كبده وخلايا دمه الحمر. وكل بضعة أيام تخرج خلايا الطفيلي الأولى الجديدة من خلايا الدم الحمراء فتسبب نوبات حموية.

تحتفظ الناموسة الملوثة بخلايا طفيلي المalaria داخل غدها اللعابية. فإذا ما لسعت شخصًا تنتقل إليه هذه الخلايا.



الناموسة (البعوضة) (أنوفيليس أرايانيسز)



الفطريات

الفطريات عالم من المتعضيات السوية تنوي الخلايا - منها المألوف الكبير كعيش الغراب والفطر الغاريقوني والكمأة، ومنها المجهرى الوحيد الخلية كالعفن والخمائر. تتألف الفطرة الكبيرة من قسم ظاهر مظهري الشكل ومن كتلة خوطان دقيقة متوارية في التربة أو في مواد عضوية كالخشب المتهترى. والفطريات، بخلاف النباتات الخضراء، عاجزة عن تخليق غذائها؛ لذا تعيش متطفلة على كائنات حية أخرى أو على مواد عضوية ميتة. والفطر، مع البكتيريا، من المفككات المهمة في تحليل بقايا النبات والحيوان معيدة موادها الكيماوية لتستعمل مجدداً. وتتكاثر الفطور خضرياً وجنسياً، والكثير منها يُصيب الإنسان والحيوان والنبات بأمراض مختلفة. بعض الفطور يؤكل، ومنها ما يُستخدم في التخمر وفي تحضير المضادات الحيوية كعفن البنسلين.

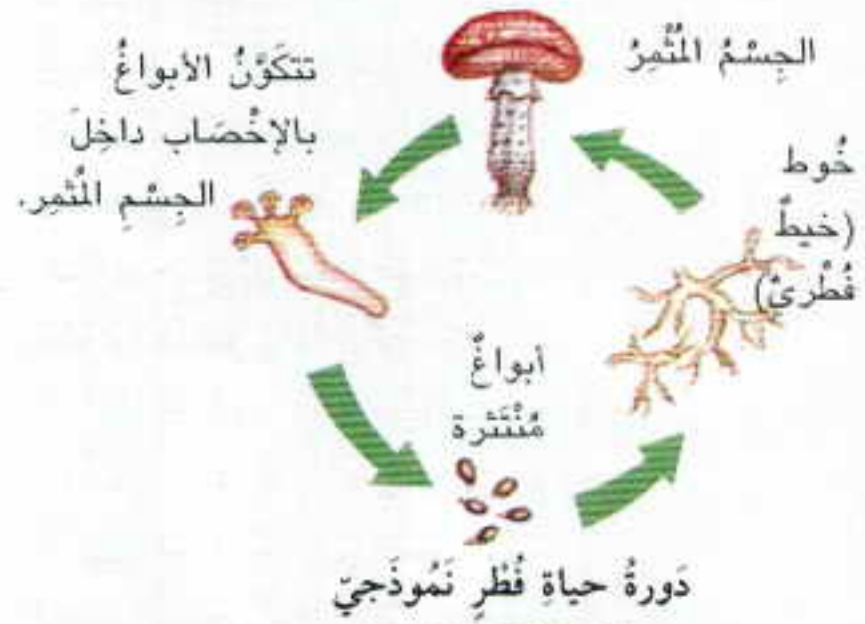


نكهات فطرية مطيبة

رغم أن بعض الفطر سام، فالكثير من الأنواع المأمونة يُستخدم في إضفاء نكهة مميزة على بعض الأطعمة. كتل الجبن أعلاه لوثت بفطر البنسليوم الذي ينمو عليها فيكسبها مذاقاً خاصاً.

غاريقون الذباب

غاريقون الذباب (أمانيتا مسكاريا) فطر سام يتكاثر بتكوين رؤوس مظهرية ذات تقاطيع خيشومية في سطوحها السفلى. في هذه الخياشيم تتكون الأبواغ الشبيهة بالبرور الدقيقة. وحين تُطرح الأبواغ تذرهما الرياح؛ فإن وقع البوغ في مكان ملائم، ينمو مكوناً كتلة خوطان فطرية جديدة.



تفصل بين الخياشيم فجوات ضيقة تسمح للأبواغ بالسقوط إلى أسفل. وقد يُطلق الرأس الفطري ملايين الأبواغ.

عفن أسود (كلادوسپوريوم كلادوسپوريوس) نام على جدار رطب. تتألف الشاؤ من كتلة خوطان (ج. خوط) فطرية متضامة معاً.



الفطريات حوالى المنزل

تنمو أنواع كثيرة من الفطريات داخل المنازل وحولها، كالعفن الذي يستقر على الجدران الرطبة الباردة مكوناً بقعاً سوداء. كما يُهزئ العفن الجاف (سريبولا لاكريمانس) الخشب في البيوت القديمة. كذلك يُصيب العفن الفطري والصدأ أشجار الحدائق ومحاصيل المزارع.

مجاعة البطاطا

عفن البطاطس فطر غير مَجَرى التاريخ. ففي منتصف القرن التاسع عشر، ضرب هذا العفن (فتيوفثورا إنفستانس) نباتات البطاطا في إيرلندا على مدى عدة سنوات متتالية، مما اضطر آلاف الناس المتضورين جوعاً للهجرة إلى أمريكا الشمالية.



فقع الذئب (لايكوبودون بايرفورمي)



السير ألكسندر فلمنج

عام ١٩٢٨ لاحظ

الجراثيمي

الاسكتلندي

ألكسندر فلمنج

(١٨٨١-١٩٥٥) أن عفا

لوث المستنبتات البكتيرية

في أحد الأطباق في

مختبره فأبادها. فعزل

فلمنج المادة التي أنتجها

الفطر، وأسماها البنسلين - أول عقار من

المضادات الحيوية. ونتيجة لأبحاث

لاحقة أنقذ البنسلين حياة ملايين

الأشخاص.

فقع الذئب (الفطر الكروي الثقات)

تتكون أبواغ فقع الذئب داخل رأس كروي. هذا الرأس يجف تدريجياً ليغدو كيساً أجوف يتفجر بمس حيوان أو فطرة مقلعاً باعناً الأبواغ عبر ثقب قمي فيه.



لمزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الاغذية ص ٣٤٣
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

اللازهريات

تختلف النباتات الخضراء عن الفطريات بأنها تُخَلِّق غذاءها من مواد بسيطة كالماء وثنائي أكسيد الكربون بطاقة ضوء الشمس وفاعلية الكلوروفيل (اليخضور) في أوراقها. تُقسَّم النباتات الخضراء إلى قسمين رئيسيين - هما اللازهريات والنباتات المزهرة. ظهور اللازهريات يعود إلى أكثر من ٣٠٠ مليون سنة وشملت الطحالب والسراخس والحزاز، وقد بلغ بعضها أحجاماً عظيمة. وهذه النباتات لا تزال موجودة، لكن المتواجد منها على اليابسة صغير عادة، ويقبع غالباً في الأماكن الظليلة. تتكاثر اللازهريات بنثر أبواغها، والكثير منها تتعاقب أجياله بين البوغي والمشري. الجيل البوغي يُنتج الأبواغ التي لا تلبث أن تنبت لتنتج جيل المشيرات (البروتالوس) الذي يُنتج الأمشاج (الخلايا التناسلية أو الأعراس).



ليس لعشب البحر المعروف بالكلب أوراق حقيقية، بل سغفات مُدْبِبة.

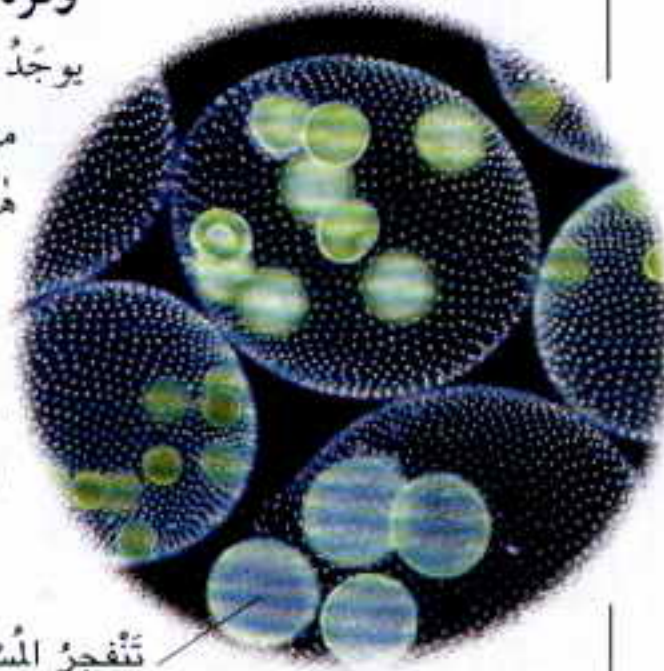
عملاق تحت مائي

الكلب العملاق (ماكروسيستيس بيريفيرا) هو أكبر الطحالب في العالم ومن أسرعها نمواً. ويستطيع عشب البحر هذا التحول من خلية وحيدة إلى نبتة طولها ٥٠ متراً في سنة واحدة، والأقدم عهداً قد يبلغ طولها ٢٠٠ م. ينمو الكلب العملاق في المياه الباردة على مبعده من كاليفورنيا، بالولايات المتحدة، حيث يُشكّل "غابات" تحت مائية، تُوفّر المأوى والغذاء للكثير من الحيوانات البحرية كالأسماك والقضاعات (ثعالب البحر).

وفرة من الطحالب

يوجد أكثر من ٢٠,٠٠٠ نوع

من الطحالب، تتفاوت حجماً بين هذه النبتة المائية المجهرية المعروفة بالفولفوكس وبين الكلب العملاق. يتألف الفولفوكس من كرة خلايا موضوعة في وسط هلامي. وتتكون المستعمرات الوليدة داخل المستعمرة الأم ثم تنسب عندما تبلغ حجماً كافياً. تنفجر المستعمرة الأم لتطلق المستعمرات الوليدة.



استعمالات الأعشاب البحرية

لعلك تُصادف الأعشاب البحرية يوماً دون أن تدري. فخلاصات هذه الأعشاب تُستخدم عادة في تغليظ قوام البوظة، وفي المرطبات والغراء ومعاجين الأسنان - وحتى في المتفجرات. والأعشاب غنية بالمعادن المفيدة، لذا تُجمع أحياناً لصنع المحصّبات.



يُستخلص الكراغينان والألجينات من الأعشاب البحرية وتُستخدم كمُغلظات لبعض الأطعمة.



الكبديات

الكبديات الطحلبية وثيقة الصلة بالحزازيات. فهي نباتات مُبطحة تشبه قطعاً من الشريط الأخضر. ومع تقدّم نمو النبتة يتابع الشريط الانقسام إلى اثنين. تستوطن الكبديات الأماكن الزائدة الرطوبة، كالتجاويف الصخرية وضيفاف الجداول.



يُرسى الكلب العملاق في قاع البحر مُثبتاً برساوي يشبه الجذور.



الحزاز

يُرسى الحزاز شعيرات شبيهة جذرية تدعى جذرائيات.

كتلة الحزاز تتألف من تكافل نبات فطرية فوق صخر أو جذع شجرة. يُطلق الحزاز أبواغه من عُليّات مَحْمُولَة على سويقات صغيرة. وإذا تطلّعت عن كثب فقد تشاهد تلك العُليّات أحياناً.

لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

الصنوبريات

الصنوبريات (أو المخروطيات) لا تزهر ولا تنبت من أبواغ، فكيف تتكاثر؟ والجواب هو أنها تكون مخاريط (أكوازا)؛ والمخروط ينتج إما خلايا ذكورية أو خلايا أنثوية، وتنقل الخلايا الذكرية إلى الأنثوية لتكوين البذور. والبزور، بخلاف الأبواغ، كاملة بمددها الغذائي للإنشاش. هنالك حوالي ٥٥٠ نوعاً من الصنوبريات كلها تقريباً شجرية، كأنواع التنوب (الشوح) والصنوبر، معظمها ذو ورق عسي رفيع، حرسفي أو إبري، يحتمل البرد القارس. وفي بعض مناطق العالم القاسية برّد الشتاء تؤلف الصنوبريات حراجاً تمتد على مدى الأفق.



صنوبر الشيلي (متاهة القروء)

صنوبر الشيلي (أزوكاريا أوراكانا) من الصنوبريات غير العادية. فهو ثنائي المسكن تنمو أكوازه الذكرية والأنثوية على أشجار منفصلة، وأوراقه جلدية حادة.

الأكواز والبزور

الأكواز النامة النمو حامله البزور متعددة الأشكال والأحجام - معظمها خشبي، لكن بعضها طري زعروي الشكل. أكواز الصنوبر والراتنجية (بسيبا) تسقط غالباً بكاملها على الأرض، لكن كيزان الأزرق والتنوب تنفتح ببطء على أغصانها.

تنفتح الحراشف في طقس رطب.



كل حرسفة تحمي زوجاً من البزور المخبئة.

تنفتح حراشف الصنوبر في الطقس الجاف لتطلق بذورها.



مصيصة كهرومانية

احتس هذا العنكبوت وحفظ منذ ملايين السنين في الكهرمان - الشمع الراتنجي المتحجر. فالراتنج شديد اللزوجة تستخدمه الصنوبريات لصدد الحشرات عن نحر خشبها. لحاء الشجرة الصنوبرية يتر هذا الراتنج إذا جرح، فيحتس الحشرات أو العناكب التي تلامسه.



أوراق الطفسوس (تفسوس باكانا) الإبرية المسطحة تنمو على جانبي الغصن المتقابلين.



أوراق صنوبر اسكتلندا (بيس سلفستريس) إبرية رفيعة تنمو أزواجا.

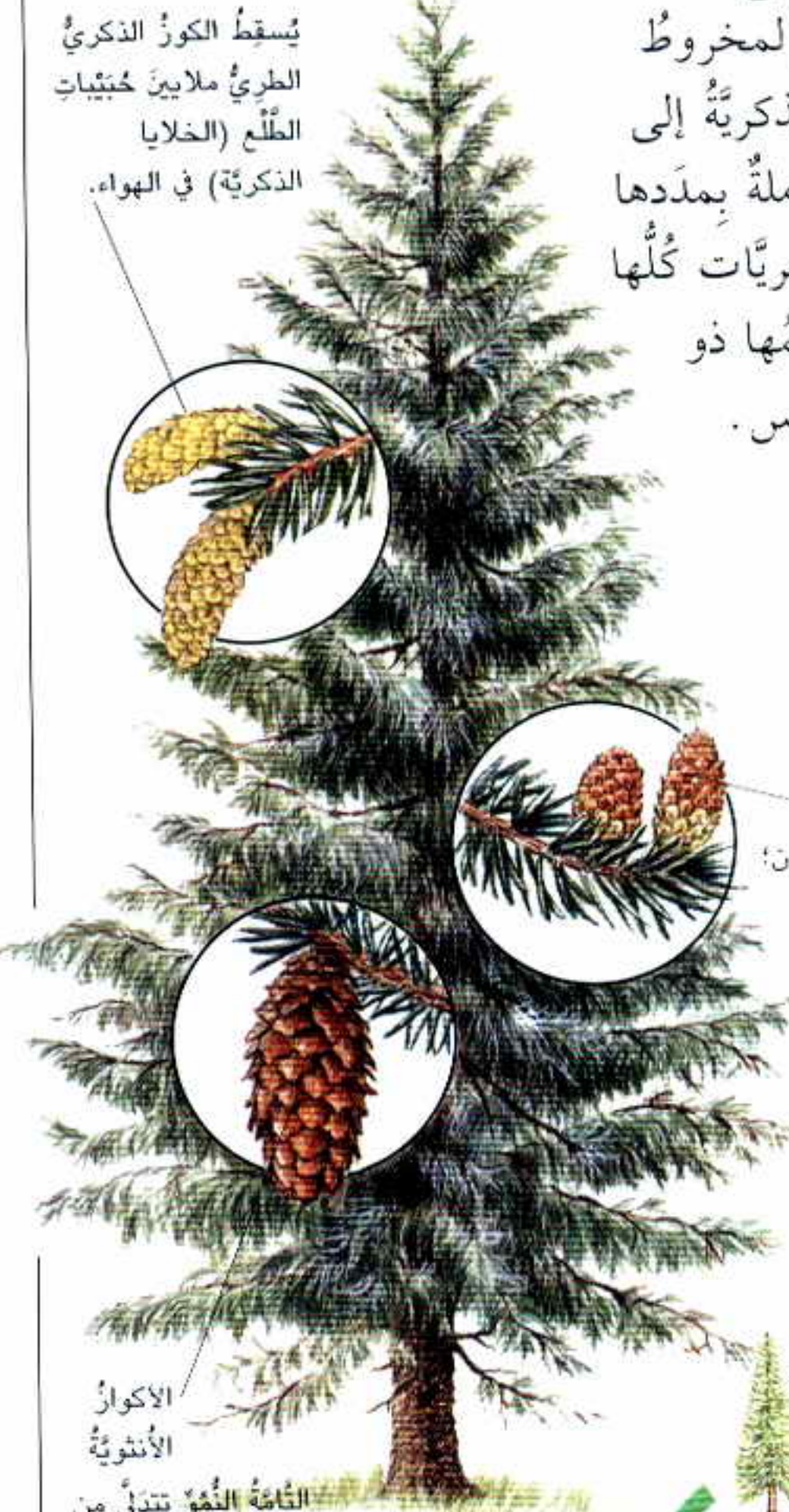
أوراق الصنوبريات

معظم الصنوبريات ذات أوراق صغيرة جلدية تدوم سنة أو أكثر، وهي ليست كلها إبرية الشكل. فالكثير منها قصير مسطح يعرف بالحراشف. ومن الصنوبريات قلة تسقط أوراقها في الخريف، منها أرزية اللاركس وسرو المستنعات (ناكسوديوم ديستكوم).

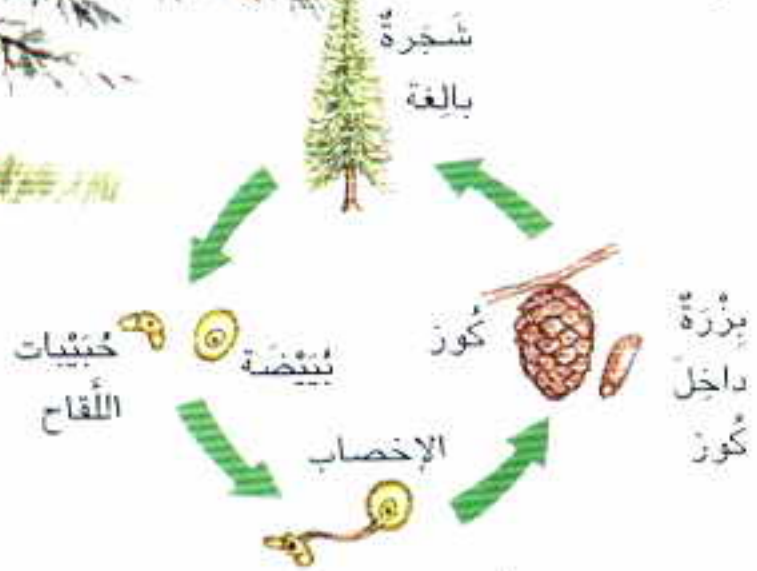
أوراق اللاركس الأريزية (لاركس ديسثوا) تنمو في عناقيد وتسقط في الخريف.



يسقط الكور الذكر الطري ملايين خنثيات الطلع (الخلايا الذكرية) في الهواء.



الأكواز الأنثوية الفتية تستوي قائمة على الأغصان؛ فيتتم إخصاب خلاياها الأنثوية بخنثيات اللقاح الذكرية الساقطة عليها من الهواء.



راتنجية سيكا

غدت راتنجية سيكا (بسيبا سيكنسز)، من صنوبريات أمريكا الشمالية، شجر جراجاً في جميع أنحاء العالم - لإفادة من خشبها الجيد ولصنع الورق. وهي أحادية المسكن لها أكواز ذكورية وأنثوية على الشجرة نفسها. ويمكن تعرف أنواع البسيبا من أوراقها الإبرية الضلعية المتصلة بأوتاد صغيرة على أغصانها. كما يمكن تلمس هذه الأوتاد على غصن عتيق تساقطت أوراقه.

أوراق الشكوية العملاقة (سكويادندرون جيجنثوم) دقيقة حرسفية الشكل تكاد تمتد مكنة على الأغصان.

لمزيد من المعلومات انظر

- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- الزهرات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- غابات المنطقة المعتدلة ص ٣٩٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الزَّهْرِيَّات (النباتات الزهرية)

الأزهار بروائحها الزكية وأشكالها البديعة وألوانها الجذابة مُتعة جمالية للإنسان منذ القدم. لكن الأزهار ما تنشأت لِتَمْتِعَنَا - بل هي تطورت كوسيلة تناسل بأعضائها الذكورية (الأسدية) الخيطية التي تحمل حبوب اللقاح، والأنثوية (المدقة) التي يتلقى ميسمها حبوب اللقاح، فيوصلها عبر القلم لإخصاب البويضات في المبيض. وقد تحوي الزهرة كلا الأسدية والمدقة أو تقتصر على أحدها. الزهریات أنواع تزيد على ٢٥٠,٠٠٠؛ وتقسّم إلى فئتين رئيسيتين - ذوات الفلقتين، والوحيدة الفلقة. تتميز الثانية بالفلقة الواحدة في جنين بذرتها وبالتعريق المتوازي في أوراقها الطويلة؛ بينما بذور الأولى ثنائية الفلقة ومُتشابكة تعريق الأوراق.

حبّيبات اللقاح من أزهار أخرى
تغلّق على الميسم (السمة).
زهرة الخشخاش يمتنع فيها
إخصاب البويضات
ناتياً باللقاح
من مآبر
أسديتها.

تنتج حبيبات
اللقاح (غبار
الطلع) في مآبر
الأسدية فتلتهم
الحشرات الزائرة
بعضه، وتنقل قسماً
منه إلى أزهار أخرى.

نبته الخيار

زهرة ذكورية

التلقيح الريحي

يتم تأبير (تلقيح) النباتات
العشبية بواسطة الرياح، إذ
تدلى مآبرها فتدرو الرياح
غبار الطلع منها في
الهواء. وتُشكل العُشبيات
إحدى كبريات فصائل
النباتات الأحادية الفلقة.

زهرة أنثوية ذات
مبيض طويل.

الأشجار والزهر

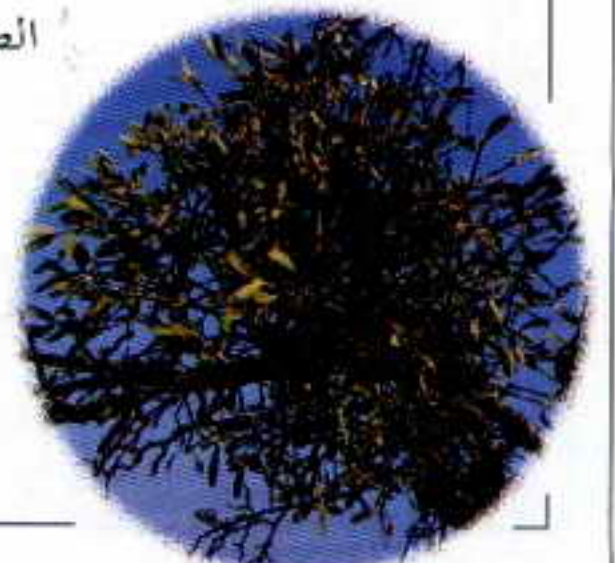
الشجرة نبتة ذات جذع خشبي
طويل مفرد. بعض الأشجار
صنوبرية إبرية أو حُرشفية
الأوراق؛ ومئات أخرى من
الزهریات عريضة الأوراق.
أشجار الكرّز تنتمي إلى الفصيلة
الوردية من الزهریات.



شجرة كرّز مُزهرة (پرونس سرولاتا)

النباتات الطفيلية

بعض النباتات تَحْتَلِس كُلَّ غذائها أو بعضه من
سواها. فجذور الهذال (فيسكوم ألبم) تَحْتَرِقُ
أغصان الشجر وتمتصّ سُعْها. والهذال جُرئي
التطفل، إذ إنه قادر أيضاً، بأوراقه الخضراء، على
تصنيع الغذاء بالتخليق الضوئي. أمّا الرّفليزيا،
بزهرتها العملاقة، المبيّنة على
الصفحة المُقابلة،
فهي نبتة طفيلية
بالكامل.



أزهار مُنفصلة الجنس

خِلافاً لِزهرة الخشخاش الخُنّي
(التي تحوي أعضاء التذكير والتأنيث
معاً)، فإن نبتة الخيار (كيوكوميس
ساتيفس) ذات أزهار ذكورية أو أنثوية
منفصلة. أمّا نبتة الكيوي المُثمرة
(أكتينيديا تشاينيسيس) فآزهارها
أحادية الجنس إمّا ذكورية أو أنثوية.



زهيرات القرص

الصفراء تنتج غبار
اللقاح والبويضات.

زهيرات شعاعية



زهرة مُركبة

زهرة الأقحوان (بليس پرينس) زهرة مُركبة، يتألف
رؤسها من زهيرات عديدة صفراء لاطئة في قرص
وسطي تحيط به زهيرات شعاعية حافية تحمل كُل منها
نُويجية (بتلة) واحدة بيضاء.

نُويجيات
الخشخاش
(المنثور) الزاهية
الالوان تجتذب
النحل والخنافس
والذباب.

يُرغم زهرة
الخشخاش تحميه
ورقتان كاسيتان وهما
تسقطان بعد تفتح
الزهرة. زهرة الخشخاش
المتفتحة تدوي في
اليوم التالي.

الخشخاش من ذوات الفلقتين،
أوراقه شبكية الغروق، وآزهاره
رباعية النُويجيات كالكنير من
ذوات الفلقتين.

الخشخاش الشائع

الخشخاش الشائع (البرقوق أو الشقيق)
نبتة زهرية حوليّة نموذجية؛ تنمو وتُزهر
وتُبدّر وتموت في موسم واحد.
النباتات الحوليّة سريعة النمو في أي
بقعة مكشوفة من الأرض. فاليزور
المُستبرة تبقى هاجعة حتى تُصبح
الأحوال ملائمة للإنشاس. وقد يستغرق
ذلك أحياناً عدّة سنوات. أمّا النباتات
المُعمرّة فتعيش أكثر من موسم واحد؛
وهي ذات جذور مُتطورة - يَحْتَرِنُ
بعضها الغذاء تحت الأرض في
بُصيلات أو عساقيل. بعض
المُعمرّات يُزهر مرّة واحدة، لكن
معظمها يُزهر سنوياً.

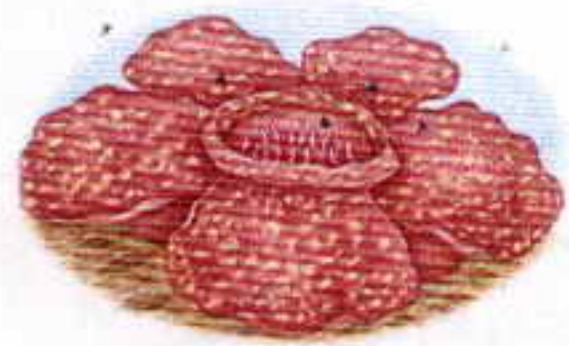
التلقيح بالحشرات

بالمقارنة مع الحشاش، فإن القمعية الأرجوانية (ديجيتاليس پورپوريا) ذات أزهار معقدة حقاً. فتويجيات الزهرة ملتصقة معاً كالقمع، وتمتد أعضاء التذكير والتأنيث تحت سقف القمع. إن تشوُّ الشَّكل هذا يسمح لجنس واحد من الحشرات، هو النحل الطنان، بتلقيح الزهرة. في زهرة القمعية تنضج المايبر والسمة (الميسم) في أوقات متفاوتة بحيث يمنع التلقيح الذاتي فيها. وعندما تدخلها نحلة طنانة فهي إما أن تجمع اللقاح عن مثير ناضج، أو تمسح اللقاح العالق بها من غير زهرة على السمة الناضجة. وتتكرر هذه العملية مع تنقل النحلة من زهرة إلى أخرى.

عندما تمسُّ النحلة السمة تمسح عليها بعض اللقاح العالق بظهرها وأجنحتها.

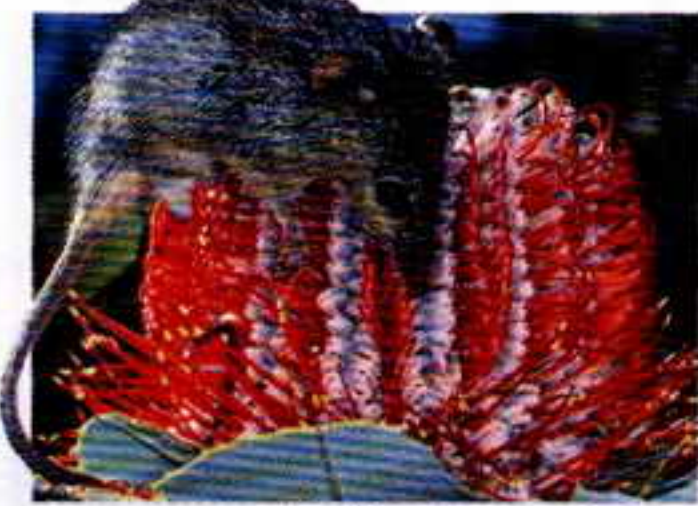


تنمو الأزهار القمعية بعضها فوق بعض في أعمدة طويلة، تتفتح الأزهار السفلية أولاً، وتنضج المايبر قبل السمة.



زهرة عملاقة

تعيش نبتة الرافليزيا متطفلة بالكامل على جذور الدوالي (الكرومة) في جنوبي شرق آسيا. ويبلغ قطر زهرتها قرابة المتر، وهي الأثقل بين أزهار العالم. وتنبعث منها رائحة قوية كرائحة اللحم الفاسد تجتذب الذباب الملغح.



(تارسييس رُستراتوس)

التلقيح بواسطة الحيوانات

أوبوسوم غربي أستراليا الصغير (تارسييس رُستراتوس) يعتمد في غذائه بالكامل على الرحيق وحببيات اللقاح. يمدد الأوبوسوم لسانه الطويل الحريش إلى أعماق الأزهار، فتمسح حببيات اللقاح من المايبر على وَرَته بينما يعلق على الميسم حببيات لقاح نقلها من أزهار أخرى. كذلك تقوم الخفافيش بتلقيح أزهار العديد من أجناس الأشجار الاستوائية.

لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

ترحف النحلة قُدماً لتصل إلى المغيثر (الرحيق) في آخر القمع.

حببيات اللقاح

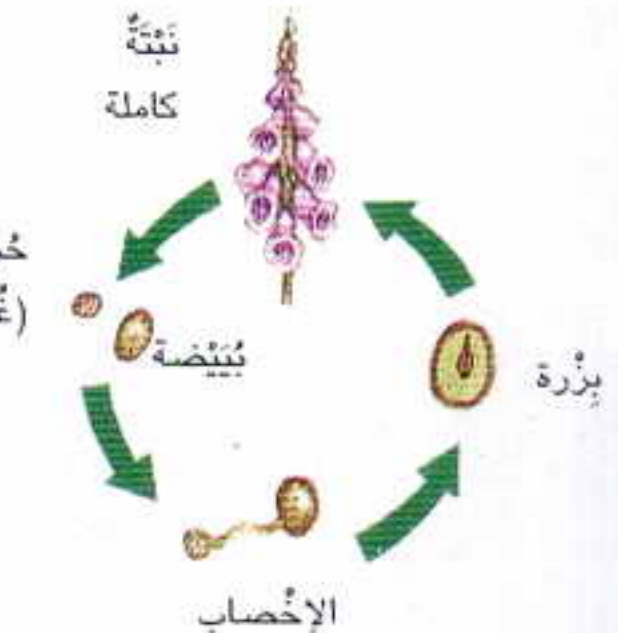
حببيات اللقاح مجهرية غالباً لكنها شديدة المتانة، ويعطي سطوحها عادة أنماط معقدة من الثغرات والتجاويف

تختلف باختلاف أنواع النبات. بعض حببيات اللقاح التي تنثرها الرياح لها شبه أشعة دقيقة تسوقها الرياح.



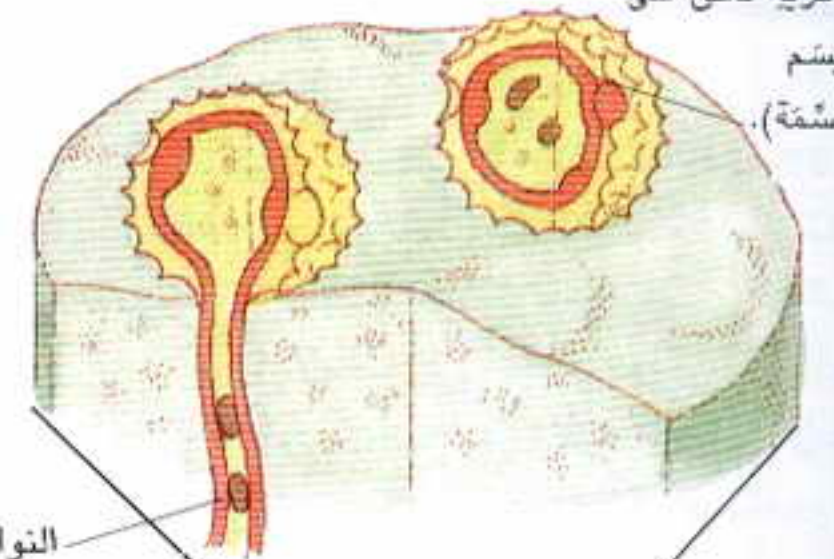
في حببيات لقاح خشيشة السعال (شني لاجوفرغارا) أشواك حادة تغلق بؤبر الحشرات.

النواة الذكرية تسري مُزولاً في أنبوب اللقاح.

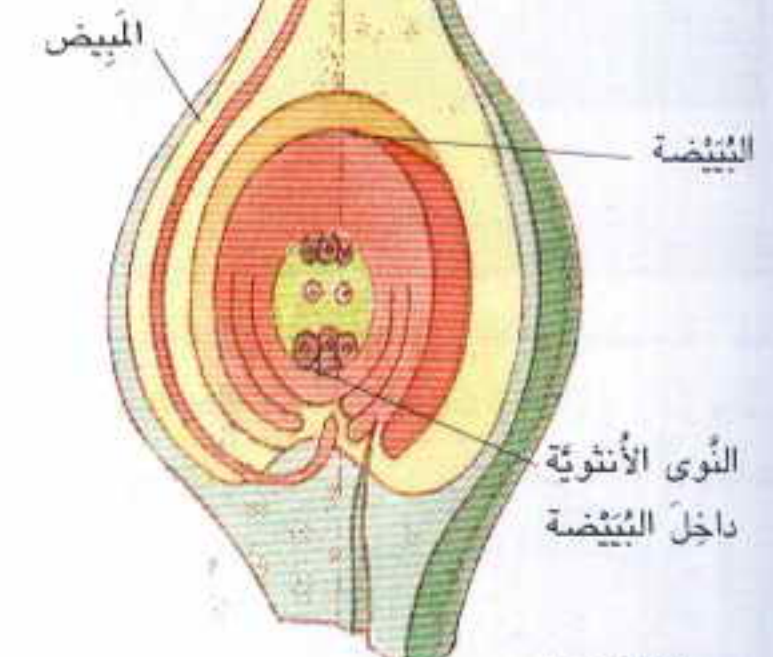


دورة حياة نبتة مزهرة نموذجية

حببيات اللقاح الحاوية النوى الذكرية تعلق على الميسم (السمة).



الميسم (السمة) المدقة أنبوب اللقاح ينمو مُزولاً.



الإخصاب

تتجد نوى الخلايا الذكرية والأنثوية معاً قبل تكون البُزور. فعندما تعلق حببيات اللقاح على ميسم زهرة من النوع ذاته، تُنبث الحببيات بسرعة أنبوباً دقيقاً عبر الميسم والقلم إلى البويضات. ويتم التلقيح عندما تتجد النوى الذكرية بالنوى الأنثوية، فيحدث الإخصاب.



تحمل النمل بُزور أزهار الربيع



قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات

قناديل البحر والشقائق البحرية والإسفنج حيوانات لافقارية (عديمة الصلب). تُؤلف اللافاقاريات حوالي ٩٧ بالمئة من جميع أنواع الحيوان على الأرض، وتوجد بأنماط وأشكال شاسعة مدى التباين، وأساليبيها في الأغذية والتناسل مختلفة ومتعددة. والكثير من اللافاقاريات مائي العيش - بعضها يقضي حياته البالغة سابحاً أو منجرفاً مع التيار، بينما يظل البعض الآخر مثبتاً في بقعة واحدة. والحيوانات الحزازية والإسفنجيات تُرشح غذاءها من الماء، أما قناديل البحر والشقائق البحرية والمرجانيات فهي من شعبة

النيداريات (القرصات) التي تُهاجم فرائسها بخيوط لاسعة. والنيداريات كلها مدورة الأجسام دون رأس أو ذيل، وذات تجويف هضمي وحيد الفتحة.



مستعمرة حيوانات حزازية

تبدو المستعمرة الحيوانية الحزازية، بالعين المجردة، أشبه بنبتة. وهي، في الحقيقة مجموعة من آلاف الحيوانات الدقيقة، يعيش كل منها داخل حنجرة صلبة، ويختبئ طعامه بحلقة من اللوامس حول الفتحة الوحيدة. وإذا أزعج الحيوان تنكش لوامسه داخل الحنجرة.



الإسفنج

هل تعلم أن بعض أنواع إسفنج الحمام كان فيما مضى حيواناً بحرياً حياً؟ الإسفنج الحي مُبطّل بخلايا خاصة مضخية الفعل، فيسري الماء عبر ثقب الإسفنج إلى الداخل، ويخرج عبر فتحة خاصة إلى الخارج بعد ترشيح واحتباس أي طعام سايح فيه بمصافي دقيقة إعداداً لامتصاصه.



المرجانيات

بعض المرجانيات تعيش فرادى، وبعضها الآخر ينمو في مستعمرات كبيرة، ويتراكم ببطء طبقة فوق طبقة مُشكلاً شجاعاً مرجانية. والمرجان ليلى الاغذية غالباً، فتلتقط لوامسه جسيمات الغذاء وتجربها إلى تجويف الهضمي.

لمزيد من المعلومات انظر

الكائنات الحية ص ٣٠٥
النمو ومراحل ص ٣٦٢
التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦
التناسل الجنسي ص ٣٦٧
الشواطئ ص ٣٨٥
حقائق ومعلومات ص ٤٢٠



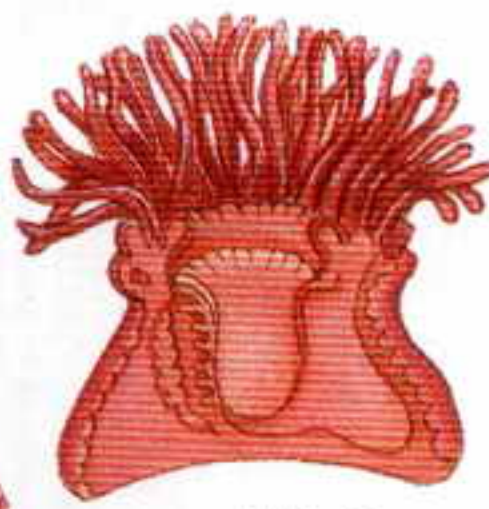
الشوكة البرتغالية
(فيزاليا فيزاليا) هي
نيداري نموذجي

النيداريات

العامة الزرقاء الكيسية الشكل لشوكة برتغالية نذير خطر للحيوانات البحرية وللسباحين الذين يقاربونها. إن قناديل البحر الحقيقي هو، في الواقع، حيوان مفرد يسير عبر الماء بحركة نباضة. لكن الشوكة البرتغالية هي مستعمرة طافية من حيوانات عديدة من المُرَجَلات تعيش وتعمل معاً. بعض هذه المُرَجَلات يكون لوامس طويلة تلتصق بالفرائس وترفعها إلى الداخل، وبعضها متخصص بهضم الطعام، بينما يقوم البعض الآخر بوظيفة التكاثر.

الشقائق البحرية
تعيش فرادى أو في
جماعات صغيرة.

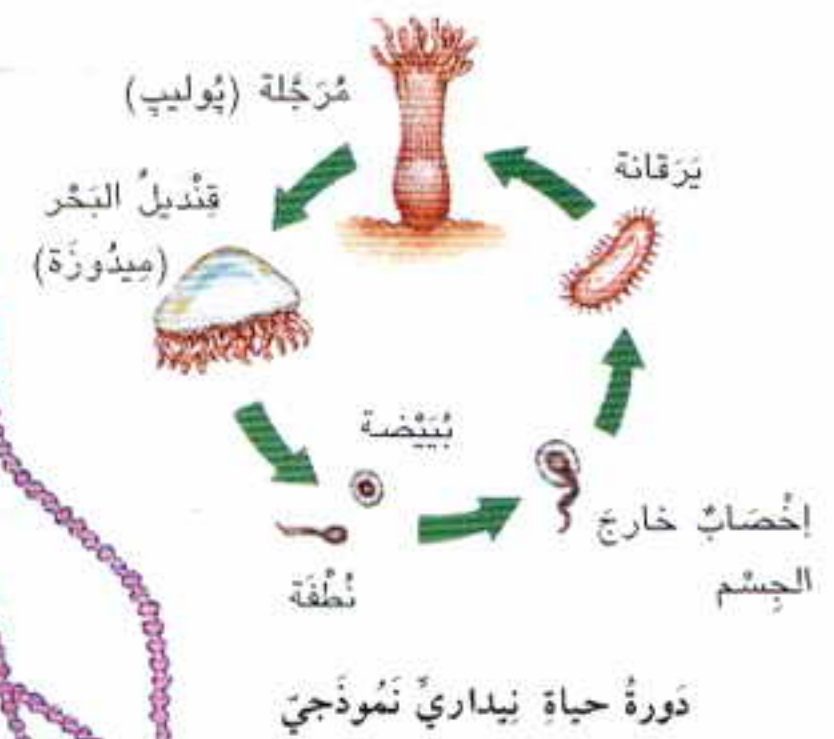
خارج الماء



تحت الماء

الشقائق البحرية

إذا استطلعت شاطئاً صخرياً بعد الجزر، فقد تجد أحياناً نواظف هلامية صغيرة لرجة لاصقة بالصخور - لعلها شقائق بحرية. ويثبت شقيق البحر بالصخر قرص مصاصي. وينشر الشقيق حلقة لوامسه تحت الماء لتصيد الحيوانات العابرة بالجوار مهاجماً إياها بخيوطه الخيطية (خيوطه اللاسعة). أما أثناء الجزر فيسحب شقيق البحر لوامسه إلى الداخل حتى لا تجف.

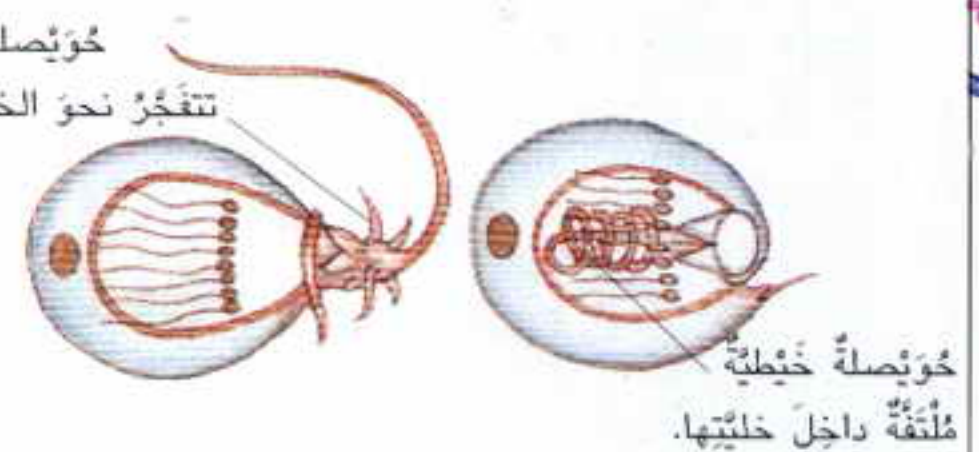


يصل طول لوامس الشوكة البرتغالية، مُنْبَسِطَةً بالكامل، إلى ٢٠م. وإذا ما اصطاد لامي سمكة ينكش ليشحبها صغداً.

لسع قناديل البحر

لوامس قناديل البحر مغطاة بخلايا خاصة تحوي خيوطاً لاسعة وثيقة اللف تدعى خويصلات خيطية. فإذا لامس حيوان عابر إحدى تلك الخلايا، تتفجر الخويصلات الخيطية نحو الخارج، وفي غضون جزء من الثانية تنقلب الخيوط باطنها ظاهراً طاعنة الفريسة بنهاياتها الحادة. معظم الخويصلات الخيطية يخزن الفريسة بالسّم، لكن بعضها يلتفت حول الفريسة ليمتصها من الإفلات.

خويصلة خيطية
تتفجر نحو الخارج.



خويصلة خيطية
ملتفة داخل خليتها.

الديدان

إذا سرت على شاطئ البحر بعد الجزر،
فقد تشاهد لفائف من الرمل

الموجلي أشبه بمعجون أسنان انبت من
أنبويه. وهي في الواقع فضلات ديدان عروية
حلقية خبيثة تحت سطح الرمل. هذه الديدان
حيوانات ذات جسم طويل مُشَدَّف إلى حلقات
عديدة؛ وهي كالخراطيم (ديدان الأرض)
والعَلَق تنتمي إلى شعبة الحَلَقِيَّات (الديدان
المُشَدَّفة) التي تولّد قِسمًا صغيرًا من الديدان
التي كُلّها حيوانات لافقارية. هنالك شُعبتان
أخريان كبيرتان من الديدان هما شُعبة الديدان
المُسَطَّحة وشُعبة الديدان المُدَوَّرَة (المَمْسُودَة)؛
وكلتاها غير مُشَدَّفة يعيش الكثير منها طفيليًا
داخل الحيوانات الأخرى. والديدان الطفيلية
عامّة الانتشار في الحيوانات البرية لكنّها تغزو
أيضًا الحيوانات الداجنة والمُدَلَّلة. ويتسبّب
بعضها في أمراض تُصيب الإنسان كالعمى
النهري (داء كلابية الذنب) وداء القيل.



دورة حياة دودة مُشَدَّفة نموذجية

الخلقيّات العائشة على اليابسة تنمو عادة داخل
البويضات ثم تفقس بديدانًا مُكتملة التكوين.

الحلقيات

الدودة العروية (أرينيكولا ماريتيما) دودة
مُشَدَّفة تُقضي مُعظم حياتها في جحر
نوني الشكل تحفره في الرمل الموجلي
وتُبَطِّنُه بالمُخاط كيلا ينهار؛ وهي تغتذي
بضخ المياه عبره. تبتلع الدودة
الجسيمات التي تحملها المياه وتهضم
محتوياتها العضوية. ومن حين لآخر
تعكس الدودة مسارها في الجحر حتى
يلعب ذيلها السطح، فتدق فضلات
الرمل والوحل اللفائفية عليه.

الخراطون العملاقة

أستراليا هي موطن الخراطون العملاقة
(ميجاسكوليدس أوسترايس) التي قد يزيد
طولها على ٣ أمتار. وتعيش هذه الديدان،
كأقاربها الأصغر، بأبتلاع التراب وهضم
محتوياته العضوية.

الفئران البحرية

الفأرة البحرية المُشَدَّفة (أفروديت أكيوليتا)
هي دودة لا تشبه الديدان شكلاً. فهي
بحجم قبضة يد شخص بالغ، ذات جسم
مُفلطح عريض هُلبيّ الهُذب. هذه الفئران
تُحفر جحورًا في الوحل والرمل في قاع البحر
وتأكل ما يُصادفها من الحيوانات الصغيرة.

المَمْسُودَات

(الديدان المُدَوَّرَة)

تعيش الديدان المُدَوَّرَة طفيليًا أو
مُسَقَلَة، مُخبئة عادة؛ وتتواجد
بأعداد هائلة في التربة وفي النباتات.
ويقول علماء الأحياء أنه لو أزيلت
أشجار حرجية وترك ما عليها من ديدان
مُدَوَّرَة لظل موقع الحرجة بيّنًا للبيان.



الصفريّة البشريّة
(اسكاريس لمبريكويدس).

المُعالِجَة بالعلَق

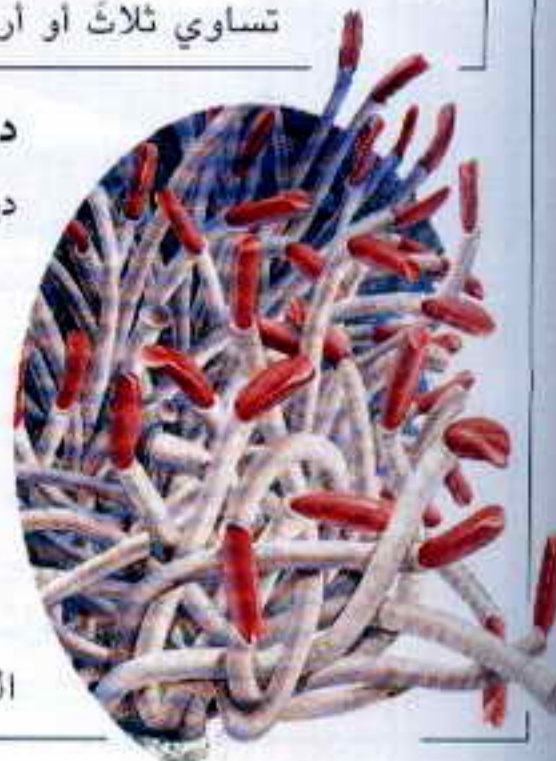
جسم العَلَقَة مُشَدَّف ذو مَمَصّ في
كلا طرفيه. يغتذي الكثير من
أنواع العَلَق بالدم؛ فيُفَرِّز، بعد
العض، مادة كيميائية مانعة
للتجلط. وكان الأطباء فيما
مضى يستخدمون العَلَق لِغُصْد
الدم من المَرَضَى.



بأستِطاعة العَلَقَة أن تَمْتَصّ بشِرعَة كميّة من الدم
تساوي ثلاث أو أربع مرّات وزنها.

ديدان الصُدوع

ديدان الصُدوع العملاقة هذه
شوهدت للمرّة الأولى عام
١٩٧٧. فهي تستوطن قاع
البحر حول قوّهات تندق
منها المياه المُسَخَّنة بُرْكانيًا
عبر قشرة الأرض. تحوي هذه
الديدان ضربيًا من البكتيريا يَستِمْدُ
الطاقة من كيميائيات تلك المياه.



لمزيد من المعلومات انظر

- الهيكل الداعمة ص ٣٥٢
- الأغصان ص ٣٦٠
- النمو ومراحله ص ٣٦٣
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- المحيطات ص ٣٨٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

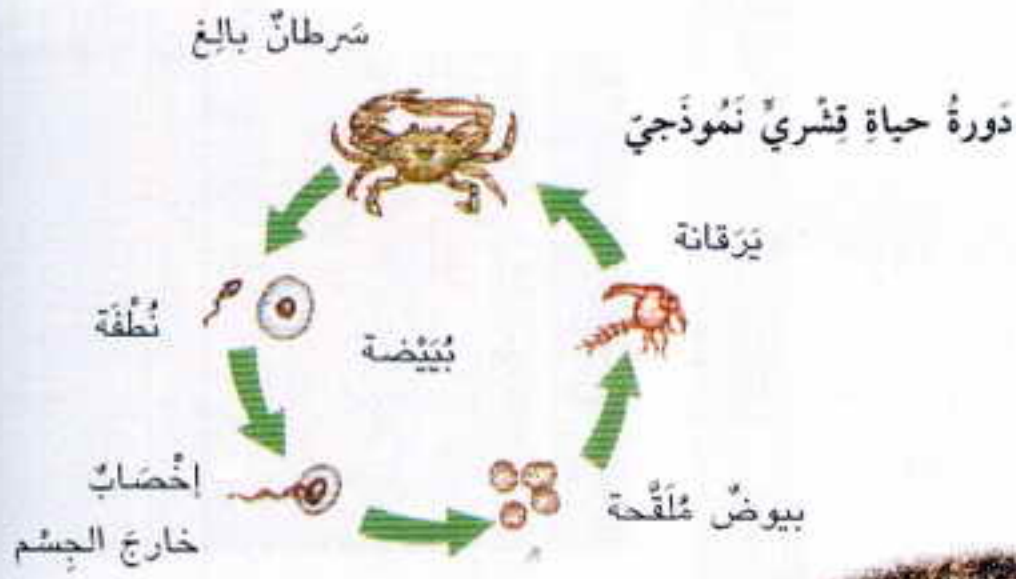
المفصليات

أكبر شعب اللافقاريات هي المفصليات. وهي حيوانات مُتمفصلة الأطراف، مُشدقة الجسم ذات هيكل خارجي (قشرة صلبة خارجية). وهذا الهيكل مُتمفصل أيضا بحيث تنثني أجزاؤه لِتسمح لِلحيوان بالحركة. وخلال النمو يطرَح الحيوان هيكله القشري هذا، من حين لآخر، لِيتيسر لِجسمه النمو والتَّمَدُّد. أنواع المفصليات المعروفة لدى علماء الأحياء تُفوق المليون، ممَّا يجعلها أضخم مجموعة من الأنواع الحيوانية على الأرض. تضم طائفة الحشرات قرابة ٩٠ بالمئة من هذه الأنواع، وتوزع باقي أنواع المفصليات على طوائف العنكبوتات والقشريات - (كالسرطان والكركند) وكثيرات الأرجل (مزدوجات الأقدام - ألفية الأرجل، وشفوية الأقدام - مئوية الأرجل).



تعيش السرطانات (السلطعونات) العنكبوتية العملاقة في قاع البحر. إن قشرة الهيكل فيها مُعرَّدة بالكالسيوم ممَّا يجعلها صلبة بالغة المتانة.

ليس للمفصليات هيكل عظمي باطني.



دورة حياة قشري نموذجي

يرقانة

نطفة

بيوض

إخصاب

خارج الجسم

مزدوجة الأقدام وشفوية الأقدام

مئوية الأرجل وألفية الأرجل تبدو مُماثلة تمامًا عن بُعد؛ لكن يُمكنك التفرُّق بينها بسهولة إذا ما تفحصتها بدقة. فمئوية الأرجل تحمل زوجًا واحدًا من الأرجل في كل شذفة، بينما ألفية الأرجل، المُندمجة الشدف زوجيًا، تبدو وكأن لها زوجي أرجل في كل شذفة. كذلك فإن مئوية الأرجل صيادة تُسلُ فرائسها بكَلابتيها السامتين، في حين تُغتذي ألفية الأرجل بالنباتات المُتحللة. وينزع كلا النوعين إلى العيش في المناطق الرطبة المُظلمة.



يتألف جسم ألفية الأرجل من شدف خلقيّة مُندمجة زوجيًا، فيبدو لها زوجان من الأرجل في كل شذفة.

العقارب

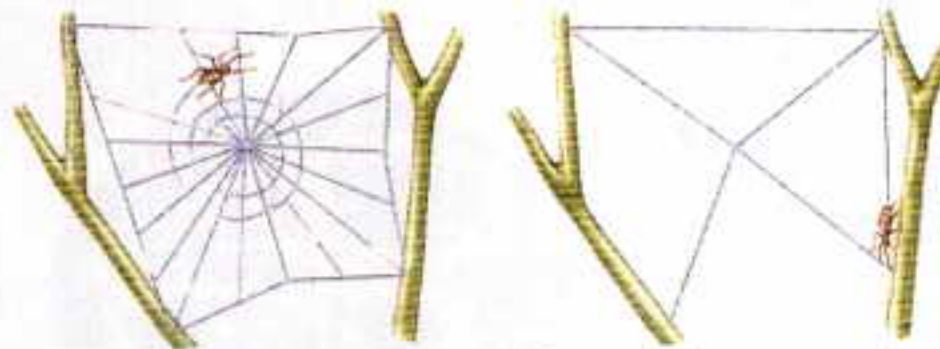
بعض العنكبوتات يتعهَّد صغارها حتى تستطيع تدبُّر أمورها بنفسها. فأثنى العقرب تلد صغارها مُكتملة الشَّكل، فتُغطِّي العقربات ظهر الأم وتمكث عليه محميةً بِمخلب الدُّبر السَّام. ويُعد أن تَطْرَح الصغار جُلدها لِلمرَّة الأولى تهبط من مَجنُّها إلى الأرض.



العنكبوت الوهقي يقنص فريسته بواسطة وَهَقٍ بِثَقِي الطرف، بدلًا من الشَّع.

غزل الشَّع

يُنسج العنكبوت شُعه من حرير غني بالبروتين. ويتكوَّن هذا الحرير داخل غُدِّ خاصَّة في بطن العنكبوت ثُمَّ يُدْفَق سائلًا عَبْرَ فُوهاتٍ دَقيقَةٍ تُدعى المَغازل. ويتجمَّد الحرير السائل بِمُلاقاة الهواء؛ وقد يَسْتَعْرِقُ نَسجُ شُع دائري، كالمُبيِّن هنا، قُرابة السَّاعة.



يبدأ العنكبوت شُعه بِمَدِّ خيوط حريرية بين دعائم ثابتة. ثُمَّ يتسلَّق الخيوط مُستخدِمًا الخطاطيف والهُلْبَ على أَقدامه. ثُمَّ يَدُور العنكبوت ناسجًا خيوطًا لولبيَّةً حتى يَكتَمِل شُعه. ثُمَّ يَغطِّي الشَّع بِقطراتٍ دَقيقَةٍ تُقْنِصُ الحشرات.

العنكبوتات

العنكبوت والعقارب والقراذ والقمل تولد طائفة من المفصليات تُدعى العنكبوتات - جميعها تقريبًا تستوطن اليابسة، ومُعظمها صياد. العنكبوت الوهقي يقنص فرائسه بِتدويم وَهَقٍ حريريٍّ دَقيقٍ الطَّرَف في الهواء. فإذا عَلِقَتْ حشرة مارَّةً بالدَّبَق يَشُدُّها العنكبوت نحوه ويلتهمها.



الحشرات

لقد حقّقت الحشرات نجاحاً مُتميّزاً في العيش على اليابسة، وعزّز ذلك قدرته الكثير من أنواعها على الطيران. فالحشرة الطائرة تستطيع التجوال في مدى أوسع، وبذلك يتوفّر لها موارد أوفر من الغذاء. الزنبار (الدبور) حشرة طائرة نموذجية يُقسّم الجسم فيها إلى رأسٍ وصدرٍ

وبطنٍ؛ ولها زوجان من الأجنحة وقرنا أسيتشار.

وهي، كما الخنافس والفراش، كاملة التحول في مراحل النمو.

نُرى صغار الزنابير في عُش برعاية

الكبار، لكن صغار معظم الحشرات تقوم بشأن

أنفسها. تعيش الحشرات البالغة غالباً في بيئة

تختلف عن بيئتها صغيرة - فبينما يعيش

السُرمان (أبو دق) البالغ في الهواء، فإن

يرقانه مائيّة العيش - علماً أن بعض

الحشرات مائيّة العيش دوماً.



في الرأس عينان مركبتان كبيرتان
وقرنا أسيتشار. تُقطع أجزاء

الفم الطعام وتعلك الخشب
عجينة لصنع العُش.

الرأس

الصدر

البطن



يحوي عُش الزنابير ملكة واحدة تُضع البيوض.
الزنابير الأخرى، وهي نسلها، شغالات تجمّع
الطعام وتُغتنّي بالبيوض والصغار

جناحا الزنابير والنحلة
الخلفيان يتصلان بالجناحين
الاماميين بخطاطيف دقيقة.



حشرات عديمة الأجنحة

السُميكة (لاحسة السكر) حشرة صغيرة عديمة

الأجنحة، يُعرف منها حوالي ٣٠٠ نوع. وهي،

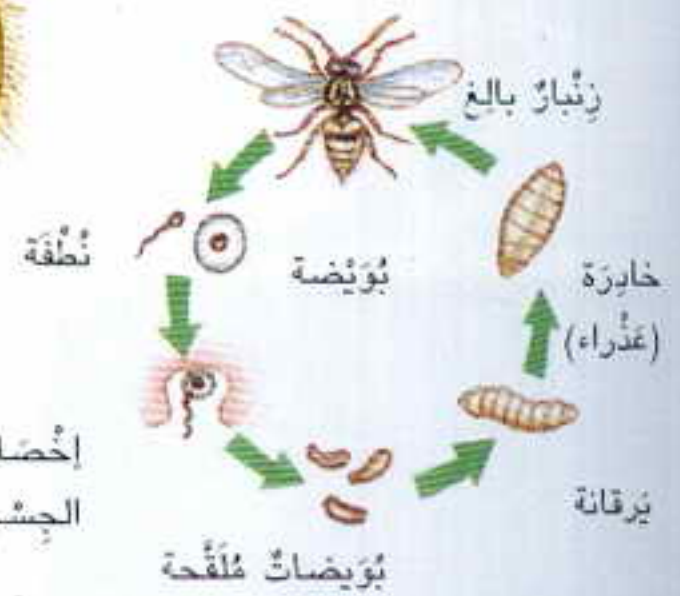
كسائر الحشرات العديمة الأجنحة، تُغتنّي غالباً

بالنباتات الميّنة. وتعيش أحياناً داخل المنازل حيث

تُغتنّي بفضلات الطعام.

هذه الدورة الحياتية
نموذجية للحشرات
الكاملة التحول في
مراحل النمو.

إخصاب داخل
الجسم



دورة حياة حشرة نموذجية

مبيدات الحشرات

بعض الحشرات نافع ومهم في التلقيح

التهجين (الخلطي) للنباتات المزهرة.

وبعضها شرّ يأكل الثبّت ويلحق أضراراً بالغة

بالمحاصيل. يُعتمد المزارعون على رشّ حقولهم

بالمبيدات الحشرية للتخلص من أضرار الحشرات.

لكن الكيماويات المستعملة، لسيء الخط، غالباً ما

تقتل الحشرات المفيدة والضارّة معاً.



الخنافس القاذبة (الفاسياء)

طائفة الحشرات تستخدم وسائل

مُتباينة، وغريبة أحياناً، في صدّ

مهاجميها. فالخنفساء القاذبة،

عند استيعار الخطر، ترمّ بطنها

فتمتزج بعض الكيماويات فيه

وتتفاعل مُفجّرة من إسيها بخاراً ساماً

مُحرّساً تقلد به مهاجمها.



أجنحة الشرعوفة (فرس
النبي) شبيهة بأوراق النبات

اشواك حادة في كلابتي
الرجلين الاماميتين
تقبض الفريسة المختبسة.

جان هنري فابر

عالم الحشرات الفرنسي فابر

(١٨٢٣-١٩١٥) أجرى أبحاثاً

مُستفيضة عن حياة الحشرات نشرها

في سلسلة من الكتب. وقد نجحت

ملاحظات فابر، ومواهبه الكتابية

والتصويرية الفذة في إثارة اهتمام

عظيم بطائفة الحشرات.



وارجلها أشبه
بالسوق

الشرعوفة نهاجم فريستها

الشرعوفة (فرس النبي) بطيئة الحركة، لذا تعتمد التسلل

والتمويه في اصطياد فرائسها. فهي تُخط على الثبّة طافية

أجنحتها ورافعة رجليها الاماميتين (كمزّ يرفع يديه توسلاً)،

وتنبّع مُتظرة. فإذا مرّت حشرة في مدى الضربة قبضتها

برجليها الاماميتين اللتين تعملان، بأشواكهما الحادة (بين

الفخذ والطنوب)، كالولمزة - فلا تستطيع الحشرة خلاصاً.

لمزيد من المعلومات انظر

- الإبصار ص ٢٠٤
- الزهوريات (النباتات الزهرية) ص ٣١٨
- الدم ص ٣٤٨
- النمو ومراحل ص ٣٦٢
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الرَّخَوِيَّات

تولَّف الرَّخَوِيَّاتُ الشُّعْبَةُ الكُبْرَى الثَّانِيَّةُ مِنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. وَتَشْمَلُ أَكْثَرَ مِنْ ٩٠,٠٠٠ نَوْعٍ مُعْظَمُهَا مَائِيٌّ، وَالْقَلِيلُ مِنْهَا يَعِيشُ عَلَى الْيَابِسَةِ وَيَتَنَفَّسُ الْهَوَاءَ. الْجِسْمُ فِي الرَّخَوِيَّاتِ طَرِيٌّ غَيْرُ مُشَدَّفٍ تَقِيهِ غَالِبًا مَحَارَةٌ صُلْبَةٌ. تُقَسَّمُ الرَّخَوِيَّاتُ إِلَى ثَلَاثِ طَوَائِفٍ أُولَاهَا: بَطْنِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْبَطْلِينُوسَاتِ وَالْقَوَاقِعَ وَالْحِلْزُونَاتِ الْبَحْرِيَّةَ (الْوَلُكَاتِ)، وَهِيَ ذَاتُ مَحَارَةٍ لَوَلْبِيَّةٍ أَوْ هَرَمِيَّةِ الشَّكْلِ؛ وَيَنْتَمِي الْبَرَّاقُ إِلَى بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ لَكِنَّهُ غَالِبًا عَارٍ مِنَ الْمَحَارِ. ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ كَالصَّدْفِيَّاتِ وَبَلَحُ الْبَحْرِ، هِيَ ثَانِيَةُ الطَوَائِفِ، وَهِيَ رَخَوِيَّاتٌ مُزْدَوِجَةُ الصَّدْفَةِ يَتَّصِلُ مِصْرَاعَاهَا بِمُفَصَّلَةٍ. وَالطَّائِفَةُ الثَّلَاثَةُ هِيَ رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ، وَتَشْمَلُ الْأَخْطَبُوطَاتِ وَالسَّيْدَجَاتِ (الْحَبَّارَاتِ الْكَبِيرَةِ)، وَهِيَ ذَاتُ صَدْفَةٍ صَغِيرَةٍ مَخْفِيَّةٍ دَاخِلَ الْجِسْمِ.

تَرَاجُجُ الْبَرَّاقِ

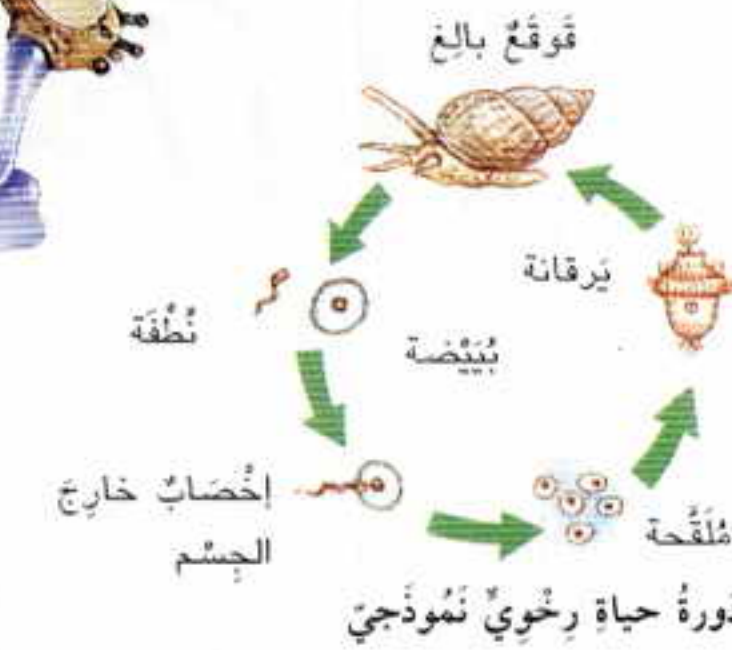
يَتَرَاجُجُ هَذَانِ الْبَرَّاقَانِ مُعْلَقَيْنِ مِنْ خَيْطٍ مُخَاطِيٍّ لَرَجٍّ. يَكِلَا الْبَرَّاقَيْنِ خُتْمِيٌّ (مُزْدَوِجُ الْجَنْسِ)، فَعِنْدَ التَّرَاجُجِ يَتَلَاَفُ جِسْمَاهُمَا وَيَتَادَلَّانِ النَّطَافَ عَبْرَ أَعْضَاءٍ تَنَاسُلِيَّةٍ خَاصَّةٍ، ثُمَّ يَضَعُ كُلُّ بَرَّاقٍ بِيوضَهُ لَاحِقًا. وَالْمِيزَةُ الْخُتْمِيَّةُ لَيْسَتْ غَرِيبَةً فِي عَالَمِ الرَّخَوِيَّاتِ؛ فَبَعْضُ مِنْهَا يَبْدَأُ حَيَاتَهُ ذَكَرًا أَوْ أُنْثَى ثُمَّ يَتَحَوَّلُ إِلَى الْجَنْسِ الْآخَرِ تَالِيًا.

الْبَرَّاقُ الْكَبِيرُ (لِيمَاكْسُ مَأكْسِيمُوسُ)



رَأْسِيَّاتُ الْأَقْدَامِ

السَّيْدَجَاتُ (أَوْ الْحَبَّارَاتُ) الْعِمْلَاقَةُ هِيَ الْأَكْبَرُ بَيْنَ رَأْسِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، وَالْأَكْبَرُ أَيْضًا بَيْنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ. تَعِيشُ الْحَبَّارَاتُ فِي أَعْمَاقِ الْبَحْرِ حَيْثُ تَصْطَادُ فَرَانِسَهَا بِمِجَسَّاتٍ تُعْطِيهَا الْمَمَصَّاتُ. وَهُنَاكَ قِصَصٌ وَرَوَايَاتٌ عَدِيدَةٌ غَيْرُ مُوثَّقَةٍ عَنْ سَيِّدَجَاتٍ هُولِيَّةٍ؛ لَكِنْ يُعْرَفُ أَنَّ الْعِمْلَاقَ مِنْهَا قَدْ يَتَجَاوَزُ طَوْلُهُ ١٥ م.



الْإِخْصَاطُ دَاخِلِيٌّ فِي قَوَاقِعِ الْيَابِسَةِ. فَالْصَّغَارُ تَنْتَشِأُ دَاخِلَ الْبَيْضَةِ ثُمَّ تَقْفُصُ قُوَيِّعَاتٍ صَغِيرَةً.



الْمَخْرُوطِيَّاتُ الْمُفْتَرِسَةُ الْمَحَارُ الْمَخْرُوطِيَّةُ، مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، تُهَاجِمُ فَرَانِسَهَا بِسُمِّ قَاتِلٍ. فِإِذَا مَا اقْتَرَبَ حَيَوَانٌ ضَمَنْ مَدَى الضَّرْبَةِ، يَنْقُصُ الْمَخْرُوطِيُّ خُرُومَهُ كَالْحَرْبَةِ بِسُرْعَةٍ حَاقِقًا فَرِيسَتَهُ بِسُمِّ شَالٍ. إِنَّ سُمَّ بَعْضِ الْمَخْرُوطِيَّاتِ قَتَالٌ حَتَّى لِلْبَشَرِ!

بَلَحُ الْبَحْرِ الشَّائِعِ (مَيْلُوسُ إِيْدِيُولِسُ)

ذَوَاتُ الْمِصْرَاعَيْنِ

تَقْضِي بَلَحُ الْبَحْرِ مُعْظَمَ حَيَاتِهِا مُثْبِتَةً فِي الصُّخُورِ بِخُيُوطٍ لَيْفِيَّةٍ مَتِينَةٍ. وَهِيَ، كَمُعْظَمِ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ، تَضَخُّ الْمَاءَ عَبْرَ خِيَاشِيمِهَا، وَتَعْتَزِي بِالْجُسَيْمَاتِ الْغِذَائِيَّةِ الصَّغِيرَةِ الَّتِي تُحْتَسِسُ مِنَ الْمَاءِ الْعَابِرِ. بَعْضُ ذَوَاتِ الْمِصْرَاعَيْنِ حَفَّارٌ وَمُنْتَقِلٌ - بَلْ إِنَّ الْقَلِيلَ مِنْهَا، كَالْأَسْقَلُوبِ (الْمَحَارِ الْمِرْوَحِيِّ)، سَبَّاحٌ.



الْمَخْرُوطِيَّاتُ الْمُفْتَرِسَةُ

الْمَحَارُ الْمَخْرُوطِيَّةُ، مِنْ بَطْنِيَّاتِ الْأَقْدَامِ، تُهَاجِمُ فَرَانِسَهَا بِسُمِّ قَاتِلٍ. فِإِذَا مَا اقْتَرَبَ حَيَوَانٌ ضَمَنْ مَدَى الضَّرْبَةِ، يَنْقُصُ الْمَخْرُوطِيُّ خُرُومَهُ كَالْحَرْبَةِ بِسُرْعَةٍ حَاقِقًا فَرِيسَتَهُ بِسُمِّ شَالٍ. إِنَّ سُمَّ بَعْضِ الْمَخْرُوطِيَّاتِ قَتَالٌ حَتَّى لِلْبَشَرِ!

بَلَحُ الْبَحْرِ الشَّائِعِ (مَيْلُوسُ إِيْدِيُولِسُ)



الْأَخْطَبُوطُ الشَّائِعُ (أَكْتُوَيْسُ قُلْجَارِسُ)

رَخَوِيٌّ ذَكِيٌّ

الْأَخْطَبُوطَاتُ ذَاتُ بَصَرٍ حَادٍّ وَأَذْمِغَةٍ كَبِيرَةٍ؛ وَلَعَلَّهَا الْأَذْكَى بَيْنَ الْفَقَارِيَّاتِ. فَهِيَ تَتَذَكَّرُ الْأَشْكَالَ وَالْأَلْوَانَ وَتَجِدُ السَّبِيلَ إِلَى طَعَامِهَا بِسُرْعَةٍ. وَهِيَ، كَالْحَبَّارَاتِ، تَسْتَطِيعُ التَّحَرُّكَ بِسُرْعَةٍ بِشَحِّ نَافُورَةٍ مَائِيَّةٍ إِلَى الْخَلْفِ عَبْرَ عُضْوٍ قِمْعِيِّ.

لمزيد من المعلومات انظر

- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الدماغ ص ٣٦١
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠

نَجْمُ الْبَحْرِ وَالزَّقِيَّات

يُؤَلَّفُ نَجْمُ الْبَحْرِ وَقُرْبَاهُ مِنْ قَنَافِدِ الْبَحْرِ وَخِيَارِ الْبَحْرِ شُعْبَةً مِنَ اللَّافَقَارِيَّاتِ، تُدْعَى شَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ (الشُّوكْجَلْدِيَّاتِ)، تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامِ خُمَاسِيَّةِ الْبِنْيَةِ. فَنَجْمُ الْبَحْرِ مَثَلًا، لَهُ فِي الْغَالِبِ خَمْسُ أَذْرُعٍ، وَخَمْسُ مَجْمُوعَاتٍ مِنَ الْأَعْضَاءِ التَّنَاسُلِيَّةِ، وَجِهَازٌ هَضْمِيٌّ خُمَاسِيٌّ التَّفَرُّعِ. وَشَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ جَمِيعُهَا ذَاتُ هَيْكَلٍ دَرَقِيٍّ صَفَائِحِيٍّ كِلْسِيٍّ. أَمَّا الثَّجَاجَاتُ الْبَحْرِيَّةُ فَتُؤَلَّفُ شُعْبَةً مُنْفَصِلَةً تُدْعَى الزَّقِيَّاتِ تَتَمَيَّزُ بِأَجْسَامٍ طَرِيَّةٍ كَيْسِيَّةِ الشَّكْلِ، وَيَرْقَانَاتٍ شُرْعُوفِيَّةٍ.



رُؤُوسُ
اللُّوَامِسِ
حَسَّاسَةٌ لِلضَّوءِ،
مِمَّا يُسَاعِدُ نَجْمَ
الْبَحْرِ فِي تَلَقُّسِ
الشَّقَوقِ الظِّلِّيَّةِ.

الأقدام الأنبوبية
في الجانب السفلي من ذراع
نَجْمِ الْبَحْرِ صَفَّانِ مِنَ الْأَقْدَامِ الْأَنْبُوبِيَّةِ
الْمُعَبَّاءَةِ بِالْمَاءِ، تَرْبِطُهَا شَبَكَةٌ مِنَ الْأَقْنِيَّةِ
الْدَاخِلِيَّةِ. الْقَدَمُ الْأَنْبُوبِيَّةُ تَنْتَهِي بِمِصَصٍ،
وَيُمْكِنُ تَحْرِيكُهَا مُسْتَقِلَّةً عَنْ سِوَاهَا.
وَتُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الْأَقْدَامُ لِلتَّحَرُّكِ
وَقَبْضِ الْفَرَاسِ.

نَجْمُ الْبَحْرِ نَزِيلُ
الْمِيَاءِ الضَّخْلَةِ

أشكال نجوم البحر
هُنَالِكَ حَوَالَى ٢٠٠٠ نَوْعٍ
مِنْ نُجُومِ الْبَحْرِ الْعَادِيَّةِ،
تَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْبَحْرِ فَقَطْ كَسَائِرُ شَوْكِيَّاتِ
الْجِلْدِ. وَالشَّاطِئَةُ مِنْهَا، كَمَا نَرَاهُ الْمِيَاهِ الضَّخْلَةَ،
تَغْتَذِي بِحَيَوَانَاتٍ حَيَّةٍ غَالِبًا. وَيُسْتَخْدَمُ نَجْمُ الْبَحْرِ
أَقْدَامَهُ الْأَنْبُوبِيَّةَ لِيَفْتَحَ عَنُودَ أَصْدَافِ الرِّخْوِيَّاتِ
ذَوَاتِ الْمِضْرَاعَيْنِ، ثُمَّ يَغْتَذِي بِدَقِّعِ مَعِدَّتِهِ فِيمَا بَيْنَ
الْمِضْرَاعَيْنِ. أَمَّا نُجُومُ الْبَحْرِ الْقَصِيفَةِ وَالرِّيشِيَّةِ
فَتَعِيشُ فِي مِيَاهِ الْأَعْمَاقِ، وَتُسْتَخْدَمُ أَقْدَامُهَا
الْأَنْبُوبِيَّةَ الطَّوِيلَةَ فِي تَجْمِيعِ جُسَيْمَاتِ الْغِذَاءِ
الدَّقِيقَةِ، ثُمَّ تَدَقِّعُ بِهَا إِلَى الْفَمِّ فِي وَسْطِهَا.

نَجْمُ الْبَحْرِ الْقَصِيفِ
نَجْمُ الْبَحْرِ الرِّيشِي
نَجْمُ الْبَحْرِ الشُّوكِي

قَنَافِذُ الْبَحْرِ
تَبْدُو قَنَافِذُ الْبَحْرِ مُخْتَلِفَةً جَدًّا، فِي
شَكْلِهَا، عَنْ نُجُومِ الْبَحْرِ، لَكِنَّ بِنْيَةَ
الْجِسْمِ تَحْتَ الْأَشْوَاكِ خُمَاسِيَّةٌ
مُتَمَاثِلَةٌ الْأَجْزَاءِ. دَرَقَةُ قَنَافِذِ الْبَحْرِ
مُسْتَدِيرَةٌ، وَالْفَمُّ فِي الْجَانِبِ السُّفْلِيِّ
مِنْهَا. يَغْتَذِي الْحَيَوَانُ بِالرَّحْفِ فَوْقَ
الصُّخُورِ كَاشِطًا مَا عَلَيْهَا مِنْ نَبَاتَاتٍ
وَحَيَوَانَاتٍ صَغِيرَةٍ بِأَسْنَانِهِ الْخَمْسِ.

لَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

التَّمَوُّ وَمَرَاجِلُهُ ص ٣٦٢
التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
الشَّوَابِطُ ص ٣٨٥
الْمُحِيطَاتُ ص ٣٨٦
حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠

٣٢٥

إِذَا فَقَدَ نَجْمُ الْبَحْرِ
ذِرَاعًا يَسْتَطِيعُ
إِنْمَاءَ أُخْرَى
مَكَانَهَا.

شَوْكِيَّاتُ الْجِلْدِ
نَجْمُ الْبَحْرِ، كَسَائِرِ الشَّوكِيَّاتِ، ذُو
هَيْكَلٍ صَفَائِحِيٍّ كِلْسِيٍّ تَكْسُوهُ طَبَقَةٌ خَلَوِيَّةٌ رَقِيقَةٌ.
وَتُغَطِّي الصَّفَائِحَ تَوَاتٌ صَغِيرَةٌ وَأَشْوَاكٌ - إِضَافَةً
إِلَى كَلَابَاتٍ صَغِيرَةٍ تَمْنَعُ صَغَارَ الْحَيَوَانَاتِ مِنَ
الْإِسْتِقْرَارِ عَلَيْهَا. وَالصَّفَائِحُ مُتَمَفِّصَةٌ تَسْمَحُ لِلْحَيَوَانِ
بِالتَّسُّيِّ. الْفَمُّ فِي نَجْمِ الْبَحْرِ يَتَوَسَّطُ الْأَذْرُعَ فِي جَانِبِ
جِسْمِهِ السُّفْلِيِّ؛ وَهُوَ عِنْدَمَا يَغْتَذِي، يَدَقُّعُ بِمَعِدَّتِهِ
خَارِجًا عَبْرَ الْفَمِّ قَالِبًا إِنَّهَا ظَهَرًا لَبْظُن.

نَجْمُ الْبَحْرِ الْفَقَارِيَّةِ
نَجْمُ الْبَحْرِ الْفَقَارِيَّةِ

دَوْرَةُ حَيَاةِ حَيَوَانِ شَوْكِيٍّ نُمُودَجِيٍّ
يُفْتَضِّلُ الْمَاءَ
مِنْ هُنَا
يُطْرَدُ الْمَاءُ
مِنْ هُنَا

لِلزَّقَانَاتِ حَبْلٌ
ظَهْرِيٌّ - وَهَذَا
يُعْتَبَرُ سَلِيفَ
الصُّلْبِ فِي
الْفَقَارِيَّاتِ.

الزَّقِيَّاتُ
تُجَاجَاتُ الْبَحْرِ الْبَالِغَةُ حَيَوَانَاتٌ صَغِيرَةٌ تَسْتَصْنِي الْغِذَاءَ مِنْ مِيَاهِ
الْبَحْرِ؛ وَهِيَ تَعِيشُ فَرَادَى أَوْ جَمَاعَاتٍ مُلْتَصِفَةً بِالصُّخُورِ
غَالِبًا. أَمَّا الزَّقَانَاتُ فَتَسْبَحُ بِحُرِّيَّةٍ، وَتَبْدُو مُخْتَلِفَةً تَمَامًا، إِذْ هِيَ
شُرْعُوفِيَّةُ الشَّكْلِ.

تَبْرُزُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ
عَبْرَ الثَّقُوبِ.

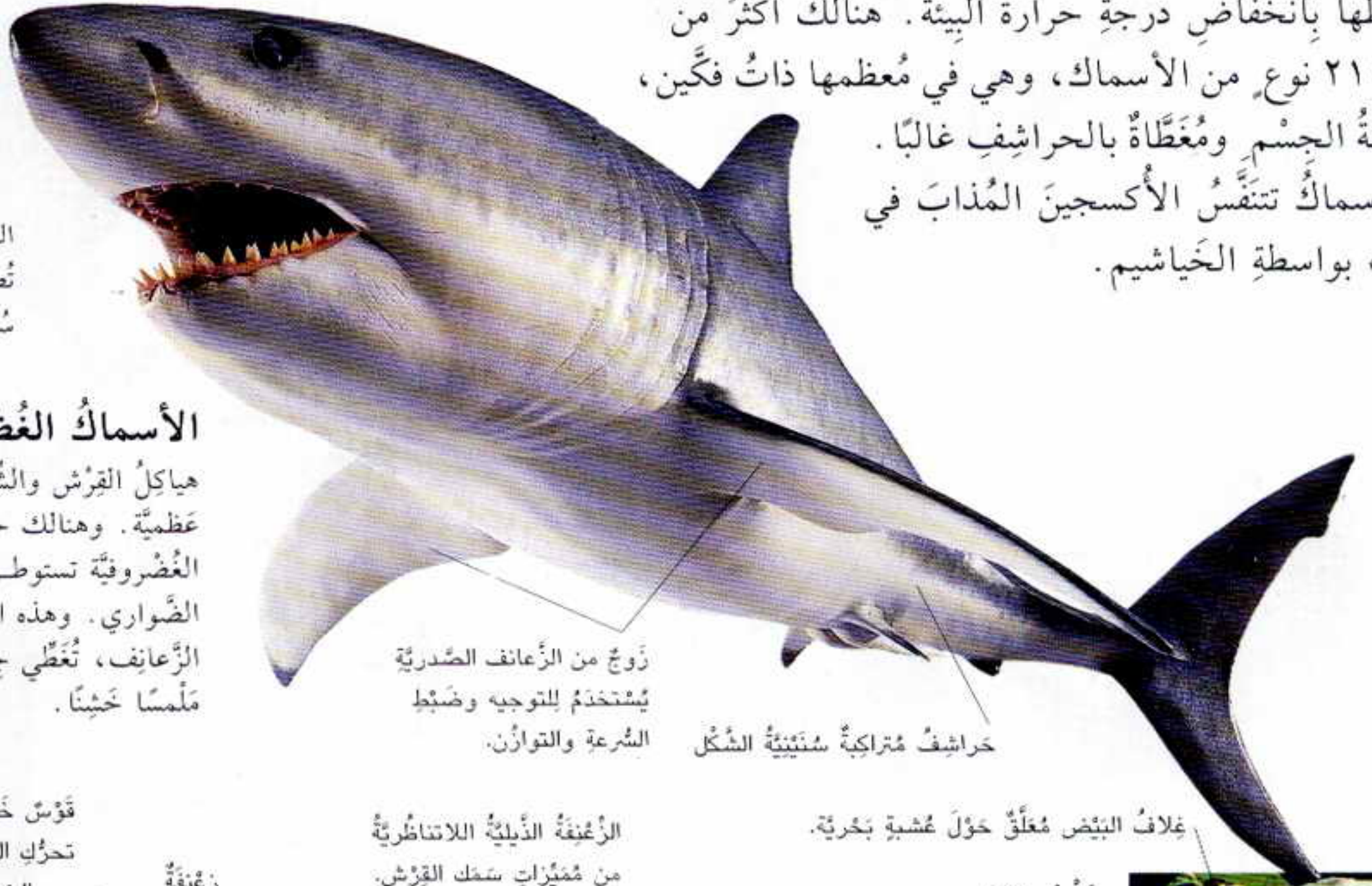
يَعِيشُ دَوْلَارُ الرَّمْلِ
فِي قَاعِ الْبَحْرِ فِي
الْمِيَاهِ الضَّخْلَةِ،
وَيَغْتَذِي بِجَمْعِ
الْجُسَيْمَاتِ
الدَّقِيقَةِ الصَّالِحَةِ
لِلْأَكْلِ.

دَوْلَارُ الرَّمْلِ
دَوْلَارُ الرَّمْلِ قُنْفُذٌ بَحْرِيٌّ قَصِيرُ الْأَشْوَاكِ مُقْلَطُحُ الدَّرَقَةِ جَدًّا،
بَحْثٌ يَبْدُو كَقُرْصٍ مِنَ الْبِسْكَوَيْتِ أَوْ كَقِطْعَةٍ نَقْدِيَّةٍ مَعْدِنِيَّةٍ كَبِيرَةٍ.
وَعِنْدَمَا تَنْبَرِي الْأَشْوَاكُ بِالْحَثِّ بَعْدَ مَوْتِهِ، يُمَكِّنُكَ مُشَاهَدَةُ نَمَطِ
مُعَقَّدٍ مِنَ الثَّقُوبِ حَيْثُ كَانَتْ تَبْرُزُ الْأَقْدَامُ الْأَنْبُوبِيَّةُ سَالِفًا.

٣٢٥

الأسماك

منذ ما يزيد على ٤٠٠ مليون سنة كانت تسبح في بحار العالم حيوانات مُدرَّعة غريبة تُدعى مَحَارِيَات الجِلْد. لم يكن لها فُكَّان ولا زعانف، لكن كان لها عمود فقاري جعلها أولى الفقاريات على الأرض. حاليًا تعيش الأسماك، وهي السلالات المائية لتلك الحيوانات، في شتى بحار العالم وبُحيراته وأنهاره. الأسماك خارجية الحرارة (باردة الدم) - تتغير درجة حرارتها تبعًا لمحيطها، ويقل نشاطها بانخفاض درجة حرارة البيئة. هنالك أكثر من ٢١٠٠٠ نوع من الأسماك، وهي في معظمها ذات فكين، مَشِيقة الجسم ومُغطاة بالحرشيف غالبًا. والأسماك تتنفس الأكسجين المُذاب في الماء بواسطة الخياشيم.

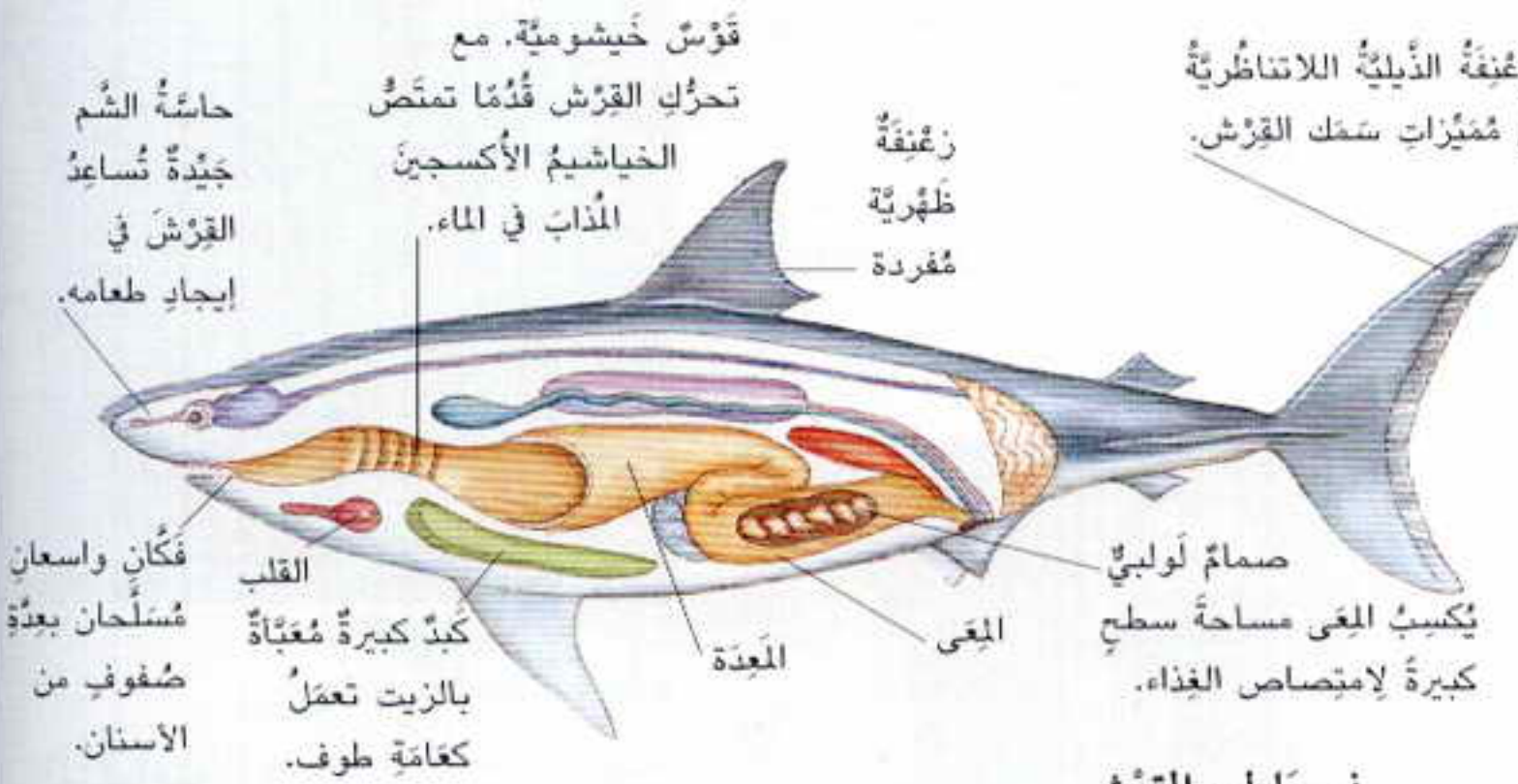


أسنان القرش

أسنان القرش هي نسخة من الحراشيف أكبر وأحد من تلك التي تغطي جسمه. تنمو أسنان القرش باستمرار، وكأنها على خط إنتاج، بدءًا من مؤخرة الفك - مُتقلبة قدمًا وتدرجيًا حتى تصبح في مقدمة الفم. وإذا سقطت إحداها سرعان ما تحل السن الخلفية محلها.

الأسماك الغضروفية

هياكل القرش والشفنين والشفن (اللياء) غضروفية لا عظمية. وهنالك حوالي ٧٠٠ نوع من الأسماك الغضروفية تستوطن المياه المالحة؛ وكلها تقريبًا من الضواري. وهذه الأسماك مشيقة الجسم زوجية الزعانف، تُعطي جلدها حراشيف سنيئية الشكل تُكسبها ملمسًا خشنًا.

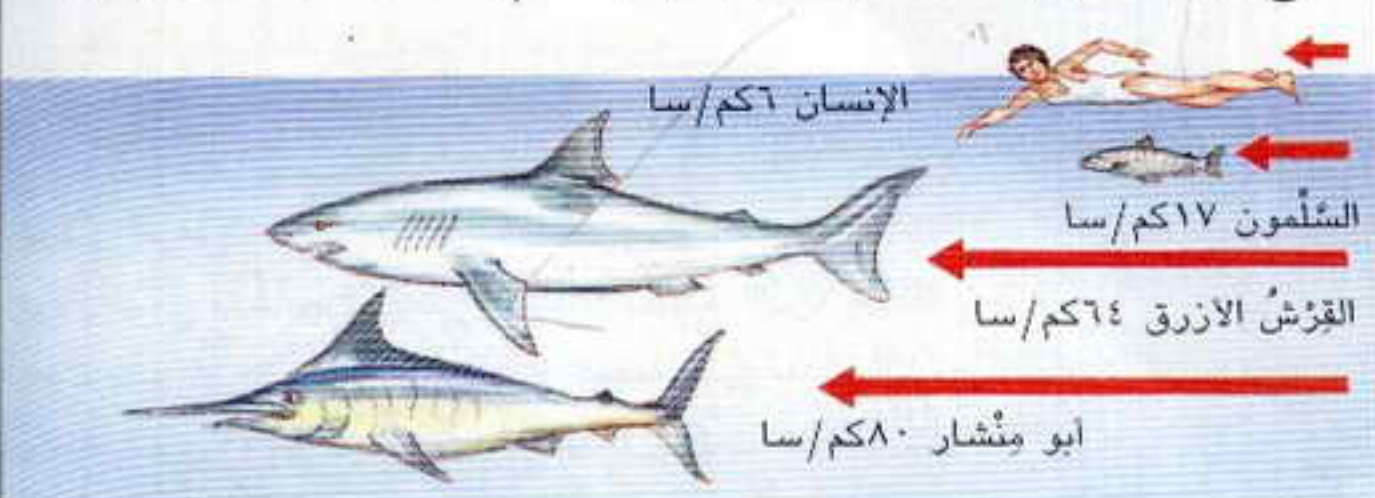


في باطن القرش

يتألف جسم القرش في معظمه من عضلات يُستخدمها في السباحة؛ وهي مُرتبة في كتل شدويّة كما في سائر الفقاريات. وتُلتف جزء من معى القرش لولبيًا فيكسب المعى القصير مساحة سطح كبيرة لامتصاص الغذاء. كما تُساعد الكبد الكبيرة على بقاء القرش طافيًا.

سرعات الأسماك

على العموم تزداد سرعة السمكة بزيادة أنسيابيّة جسمها. ومُعظم الأسماك أسرع سباحة من الإنسان الذي مُعدل سرعته ٦ كم/سا، للمسافات القصيرة.



كَلْبُ الْبَحْرِ

كَلْبُ الْبَحْرِ قُرْشٌ صَغِيرٌ يَسْتَوِطِنُ الْمِيَاءَ الضَّحَلَةَ. عِنْدَ التَّرَاوُجِ يُخْصِبُ الذَكَرُ بِيوضَ الْأُنثَى دَاخِلَ جِسْمِهَا. ثُمَّ تَضَعُ الْأُنثَى بِيوضَهَا فِي غِلَافَاتٍ جِلْدِيَّةٍ تَعْلُقُ حَوْلَ الْأَعْشَابِ الْبَحْرِيَّةِ. وَالْمَعْرُوفُ أَنَّ كِلَابَ الْبَحْرِ لَا تَحْرُسُ بِيوضَهَا.



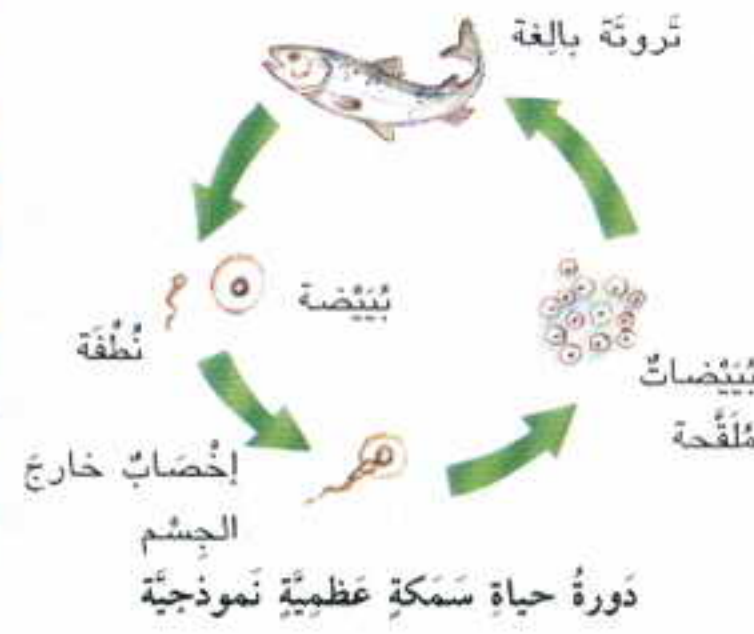
الأسماك العديمة الفكّين

فئة من الأسماك، كالجلّكي والجرّث، تحوي بعض سمات الأسماك البدائية. فهي عديمة الفكّين والزعانف الزوجية؛ وفُتحات خياشيمها كَوَاتٌ لا شُقوب. هنالك قرابة ٧٠ نوعًا فقط من هذه الأسماك. تعيش الجلّكي البالغة طفيليًا على الأسماك الأخرى، فيما تستضيف صغار الجلّكي الجُسيمات الغذائية من الماء.



الأسماك العظمية

السلمون المرقط (الثروة) وجميع الأسماك المبينة في هذه الصفحة، تنتمي إلى فئة الأسماك العظمية - كبرى فئات الأسماك الثلاث. هذه الأسماك لها هيكل عظمي، وجراب خاص مليء بالغاز، يدعى المثانة الهوائية، يعمل كغامة داخلية. وتغطي أجسامها عادة خراشيف ذويرة مسطحة رقيقة، والخياشيم مندسة خلف مبدلة تسمى الوصاد. وخلال الـ ٢٥٠ مليون سنة الأخيرة، نشأت ضروب مذهلة من الأسماك العظمية المختلفة الأشكال والألوان والحجوم.



الأسماك الطائرة

السمكة الطائرة تفلت من أعدائها بالإنطلاق في الهواء مندفعة عبر سطح البحر لتتسبب طائرة في الهواء قرابة ١٠٠م قبل أن تعود ثانية في الماء. إن "جناحي" السمكة الطائرة هما زعنفتان مضخمتان. لأنواع السمك الطيار زوج واحد من الزعانف أو زوجان، كهذه السمكة أعلاه.

الاسماك الغضروفية داخلية الإخصاب في معظمها، فهي تضع البيض ملقحا أو تلد صغارها أحياء.

الرغيفة الظهرية تكسب السمكة استقرارا واتزاناً. الزعانف مدعمة بشعير جاسنة، وهي تتحرك مستقلة لتغيير اتجاه السمكة.

خراشيف متراكبة رقيقة تقلل الاحتكاك بين السمكة والماء.

الرأس مغطى بصفائح عظمية

يتفتح فم الثروة فجأة وتريعا لاستيقاظ الحيوانات الصغيرة.

يغطي الخياشيم وصاد تساعد حركته، فتتحا وغلقا، في ضغ الماء فوقها.

زعنفتان صدريتان لتوجيه الحركة.

الاسماك العظمية ذات زعانف دليية منتظمة. الرغيفة الدليية تدفع السمكة قدماً.

الزعنفة الشرجية تكسب السمكة استقرارا وتوازناً. خواس خاصة في الخط الجانبي (أنبوب تحت الجلد، في جانبي الجسم، يملؤه مائع) تكشف حركة التيارات أو الحيوانات الأخرى في الماء.

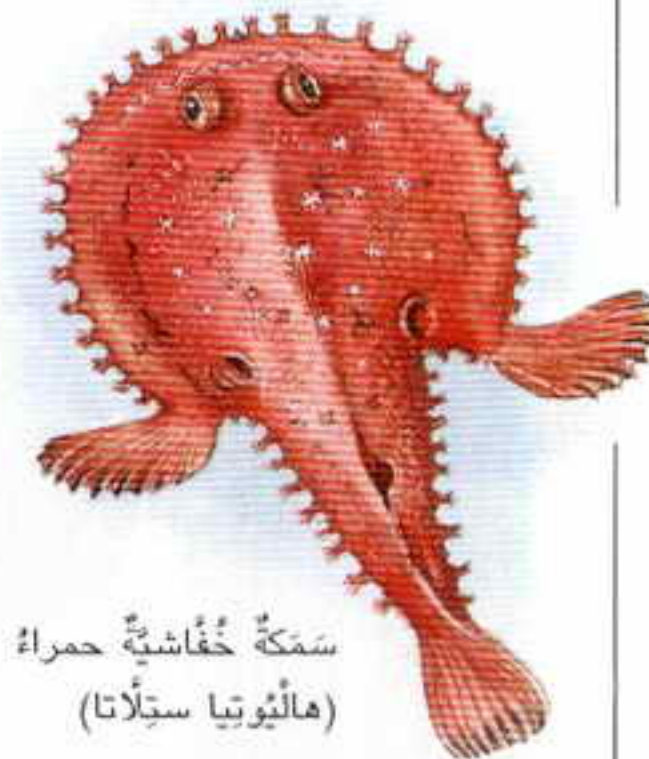
الاسماك العظمية طويلة الامعاء بلا صمامات لولبية.

الأسماك الشبيهة الخطر الأعظم المحدث لمعظم الأسماك مصدره الأسماك المفترسة الأخرى. السمكة الشبيهة (دايودون هيستريكس) تنقي هذا الخطر بابتلاع جرع كبيرة من الماء حتى تنتفخ كالبالون فتتنصب أشواكها. وبالرغم من أنها تكاد لا تستطيع السباحة متفوخة، فإنها بأشواكها المتنصبة في مأمن من أي هجوم.



أسماك الأعماق

في أغوار البحر السحيقة لا يوجد ضوء ولا نبات؛ فعلى الكائنات في تلك الأعماق إما أن تعتدي بالفضلات، الهابطة من الطبقات العليا، أو بالحيوانات الأخرى. والأسماك الحفاشية هي من بين أغرب الأسماك في قاع البحر؛ وهي تفتت باللافقاريات والأسماك الصغيرة، وتجول متناقلة باستخدام زعانفها.



سمكة حفاشية حمراء (هاليوتيا سيتلاتا)



فرس البحر الكثير من الأسماك العظمية تضع أعدادا لا حصر لها من البيض، ولا تهتم برعاية صغارها لاحقاً، بخلاف فرس البحر. فأنتى فرس البحر تضع عدداً قليلاً من البيض في جراب خاص على بطن الذكر الذي يحضن البيض حتى تفقس، ثم يقوم على رعاية الصغار. وهكذا، فبالرغم من أن أفراس البحر تضع بيوضاً أقل، إلا أن كلاً منها تغطي بفرصة أوفر للبقاء.

لأنقليس زوج من الزعانف فرس البحر وايت الصدرية، ولا زعانف خوضية. (هيوكاميوس هوايتي)

الأنقليس (ثعبان السمك)

الأنقليس يشبه الثعابين في شكله العام، لكن زعانفه وخياشيمه تبين أنه من الأسماك. أنقليس الموري الأخضر (جمنثوراكس برازينوس) نموذجي لفصيلته، يكمن في المخايي الصخرية ويهاجم الحيوانات العابرة بأسنانه الحادة. تبدأ دورة حياة الأنقليس كيرقانة دقيقة مختلفة الشكل تماماً عن الأنقليس البالغ؛ وتستغرق اليرقانة عدة سنوات للنمو إلى طور البلوغ.



لمزيد من المعلومات انظر

- التفقس ص ٣٤٧
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الخواس ص ٣٥٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢، ٤٢٠

البرمائيات

تحتل البرمائيات (أو القواضب) موقعًا خاصًا في تطوّر الحياة على الأرض. فأسلافها كانت أولى الفقاريات التي خرجت من الماء لتقضي جزءًا من حياتها على البر. ولا يزال معظم الأربعة آلاف نوع من البرمائيات الحالية يُقسّم حياته بين الماء والبر - لكن بطرق مختلفة. وتقضي قلة من البرمائيات كل حياتها تقريبًا في الماء كالسمندر المكسيكي الذي يحتفظ بخياشيمه وطوره اليرقاني المسمّى أجزولوثل. لكن البرمائيات في معظمها تقضي حياتها البالغة على البر، وتعود إلى الماء فقط للتزاوج. طائفة البرمائيات عديمة الحراشف عادة، لكن جلدًا على العموم رطب فضفاض. وهي خارجية الحرارة (باردة الدم)، وتقسّم إلى ثلاث رتب: البتراوات (اللاذليّة) كالضفادع والعلاجيم، والدوائل (الضفدعيّات الذليّة) كالسمادر والسمادل، والقطعاوات عديمة الأرجل.



الضفادع الطائرة

الضفدع الطائرة (راكوفورس سوداء الأكت)، في جنوبي شرق آسيا تصطاد الحيوانات الصغيرة على الشجر. وهي، للانتقال من شجرة إلى أخرى، تذف بنفسها في الهواء ناشرة أقدامها المكففة كمظلات صغيرة تميلها بالقدر اللازم لضبط اتجاه انسيابها.

العينان والمخاران يطلان فوق الماء بينما الجسم مغمور.



الجلد الرقيق الرطب يمتص الأكسجين.

فم واسع عديم الأسنان

الرجلان الخلفيتان طويلتان مهيأتان للقفز والسباحة.

الرجلان الخلفيتان خماسية الأبخس

الرجلان الاماميتان رباعيتا الأبخس (الأصابع)



اللاذليّات (البتراوات)

البتراوات برمائيّات لاذليّة قصيرة الأجسام قويّة الأرجل. ذكر الضفدع هذا (بيكسييفالوس أدسبرسوس)، من جنوبي إفريقيا، مفترس قويّ يعتدي باللبونات الصغيرة والزواحف، كما بالضفادع الصغيرة. وهو، كسائر الضفادع، رقيق الجلد يتطلب الترطيب المستمر. أما العلاجيم فجلدًا عادة أجف تكسوه الثآليل. على البر، تتحرك الضفادع قفزًا، بينما العلاجيم تمشي غالبًا؛ وكلاهما ذو رتتين داخليتين بسيطتين.

ضفادع خازنة للماء

بعض الضفادع والعلاجيم تتجاوز موسم الجفاف بحفر جحور تحت الأرض تغلّف نفسها فيها بغشاء مسيك للماء. فالضفدع الأستراليّ الخازن للماء (النوع سيكلورانا) يقضي حياته البالغة في معظمها تحت الأرض. وحالما يسقط المطر، يخرق الضفدع غشاءه ويحفر طريقه صعودًا إلى السطح.



ضفادع السمّ النبليّ

ضفدع السمّ النبليّ الإبهاميّ الحجم (فيللوبيتس تريبيليس) يستوطن غابات أمريكا الوسطى والجنوبية، وهو الأخطر بين جميع البرمائيات. وتُنذر ألوانه الزاهية الحيوانات الأخرى بأن جلده ينتج سمًا قاتلًا، ويستخدمه هنود الغابات ذلك السمّ لصنع النبال المسمومة الرؤوس لاصطياد الحيوانات.



يُفرز السمّ من غدٍ على جلد الضفدع.

أولى البرمائيات

أقدم الأحافير البرمائية المكتشفة تعود إلى كائن يُدعى إكتيوسيتجا، عاش منذ حوالي ٣٧٥ مليون سنة. كان طوله حوالي المتر، وجسمه مشيقًا إنسيبيًا سمكي الشكل، وكان ذا أرجل قويّة تحمله على اليابسة.

اضلاع قويّة احتملت وزن الأعضاء الداخليّة.



العناية بالبيض

معظم الضفادع والعلاجيم تضع بيض أو آلاف البيوض وتركها. وهناك أنواع منها تضع بيوضًا أقل، لكنها ترعاها بعناية أكثر. فذكر العُلجوم القابلة (البيس أبستريكانس) يلف بيوض الأنثى حول رجليه؛ وعندما توشك الشراغيف على التفريخ يحملها إلى الماء.

الدّوائِل (الضفدعيّات الذليّة)

هذه البرمائيات أطول أجساماً من البتراوات وأصغر أرجلاً، بعضها ذو أذيال مُفلطحة يُستخدمها في السباحة. السّمندرُ الناريّ (سَلَمَنْدَرَا سَلَمَنْدَرَا) ذو ألوان زاهية، كما ضفدعُ السّم التّليّ، ليلتحذير من أن جلده سامّ. تتواجد السّماويل والسّماويل بصُورة رئيسيّة في نصف الكرة الشماليّ، وتستوطن المياه، أو الأمكنة الرطبة كأرضيّة الجراج. تتزاوج سّماويلُ النار على البرّ، وتنمو البيوض وتفقّس داخل جسم الأم.



يُقرّر جلدُ سَمَنْدُر النار مادةً كيماويّةً سامّةً.

بجلاّب الضفادع والعلاجيم، السّماويل والسّماويل لا تُفقّد أذيالها في مراحل النّمو.

السّماويلُ صغيرة الأباخس، وأقدامها غير مُكفّفة.

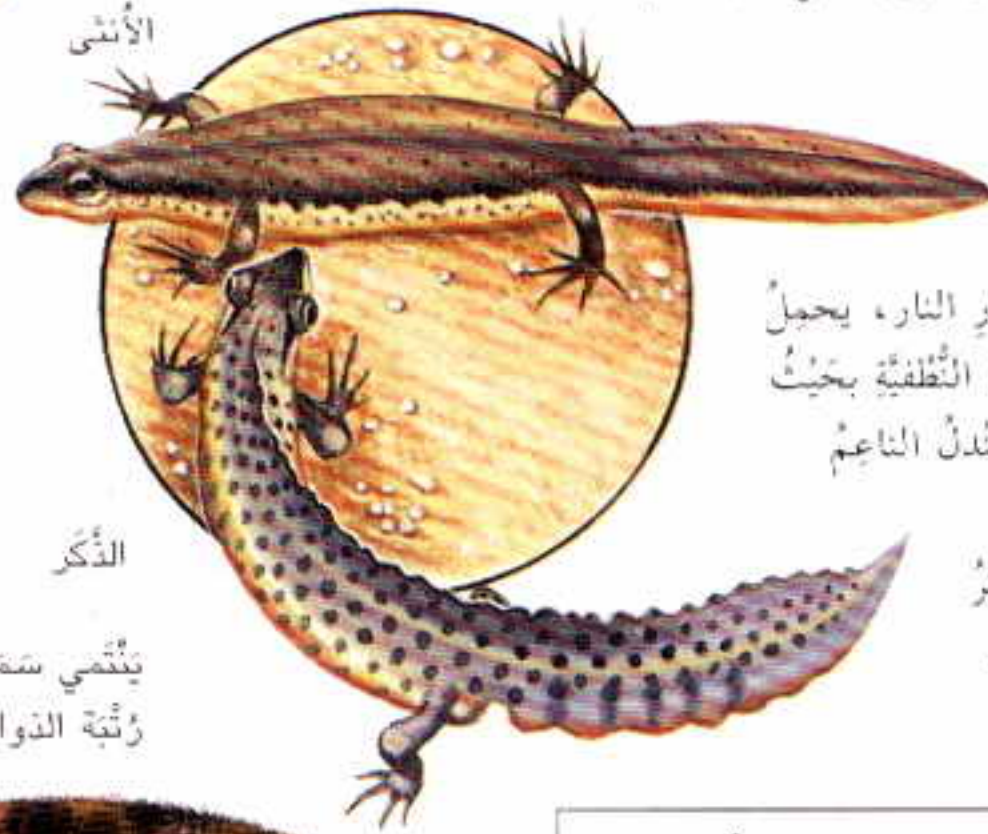
٣. تغدّ سلسلة من الحركات يستقرّ الذّكر أمام الأنثى. وعندما تمسّ ذيله، يضع رزمته النّطفية فتتهبط الأنثى فوقها لتدخّل النّطاف جسمها.

٢. ثمّ يسبح الذّكر أمام الأنثى ويستقرّ مُتعايذا بحيث يسدّ عليها الطريق، ثمّ يلوّح بذيله ضاحاً رانحة نحوها.

١. تبدأ رقصة السّمندر الناعم تحت الماء عند اقتراب الذّكر من الأنثى ومسّها جانبيّاً. وباستطاعته شمّ "رائحة" الكيماويات التي تطلقها في الماء.

رقصة التّودّد

عند تزاوج السّماويل أو السّماويل، يضع الذّكر رزمة من النّطاف فتلتقطها الأنثى. وفي حال سَمَنْدُر النار، يحمل الذّكر الأنثى ثمّ ينزلها فوق رزمته النّطفية بحيث تدخّل النّطاف جسمها. أما السّمندر الناعم (ثريثورس فليجاريس) المبيّن هنا، فيتزاوج تحت الماء؛ ويؤدي الذّكر رقصة أمام شريكته قبل التزاوج.



ينتمي سَمَنْدُر الألم إلى رتبة الدّوائِل.

القّطعاوات (اللاقديّات)

اللاقديّات حيوانات مائيّة أو جاحرة تستوطن المناطق المداريّة. وهي عديمة الأرجل، أسطوانيّة الشكل أشبه بالديدان أو الثعابين المطاطيّة الصغيرة منها بالبرمائيات. لكن بعضها يضع بيوضاً تفقس منها شراغيف خيشوميّة، ممّا يربطها مباشرة بالسّماويل والبرمائيات الأخرى.



اللاقديّات لها أعين، ولكنها شبه عمياء.

اللاقديّات، في معظمها، مغطاة بصفائح قرنيّة.



السّمندر المكسيكي (أجزولوتل)

السّمندرُ المكسيكيّ (أمبستوما مكسيكانم) يُدعى أحياناً "بيتّر بان" البرمائيات، لأنه يحتفظ بشكله البرقانيّ. تستوطن هذه السّماويل بحيرات مُعيّنة في المكسيك، وتبدأ حياتها شراغيف ذات خياشيم ريشيّة كالعديد من السّماويل غيرها. لكن بدل أن تفقد خياشيمها وتستوطن البرّ، تبقى هذه السّماويل عادةً في الماء، وتتزاوج دون تغيير شكلها.



حياة الظّلْمَة

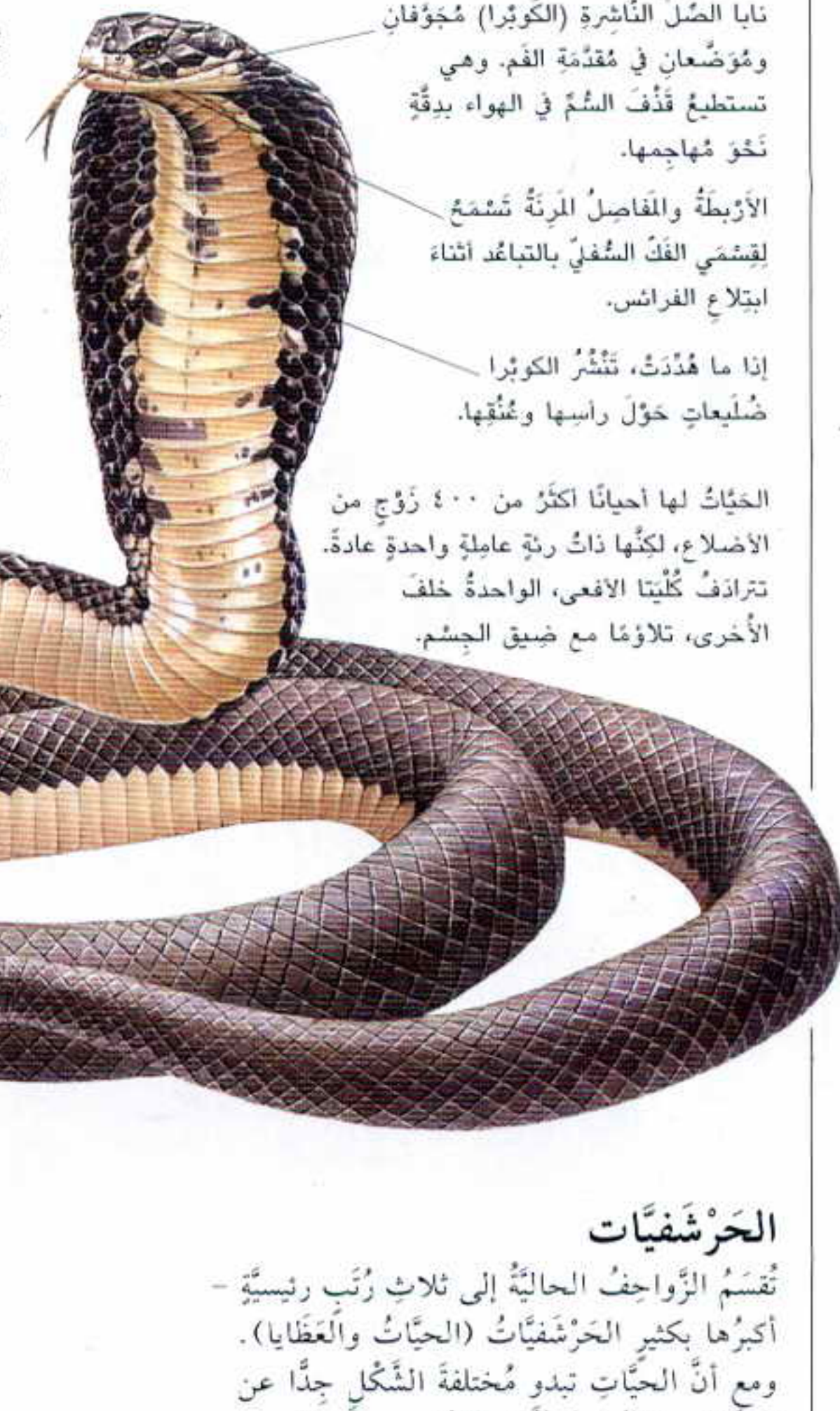
تستوطن سَمَنْدُرُ الألم (پروتوبوس أنجوينوس) كهوف الصّخور الكلسيّة العميقة في جنوبي أوروبا. جسم هذا الكائن رقيق كالقلم، وأرجله دقيقة، وعيناه صغيرتان يُغطيهما الجلد فيكاد لا يرى. تعيش السّماويل هذه في البرك والأنهار الجوفيّة، وتغذي بالحيوانات المائيّة الصغيرة؛ وهناك سّماويل مُماثلة تستوطن كهوف جنوبي تكساس، بالولايات المتّحدة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الدّورة الدّمويّة ص ٣٤٩
- البيئة الباطنيّة (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الجلد ص ٣٥٤
- العصّلات ص ٣٥٥
- الدماغ ص ٣٦١
- التناسل الجنسيّ ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الزّواحف

تضم طائفة الزّواحف حاليًا قرابة ٦٥٠٠ نوع؛ وهي فاقت هذا العدد بكثير في سالف الأزمان. فعلى مدى ٢٠٠ مليون سنة، سادت زواحف ما قبل التاريخ الحياة على الأرض، وشملت الدينصورات أكبر العاشبات والضّواري التي استوطنت اليابسة على مدى العصور. كانت الزواحف أولى الفقاريات التي تكيفت للعيش على البرّ بنجاح - فلم تعد مضطرة للعيش في بيئة رطبة، بفضل جلدها الحرشفي الجافّ المقاوم لفرط فقد الماء من الجسم، وبفضل القيوض الجلديّة المتينة التي تلفّ يوضها على اليابسة فتقيها من الجفاف. ولما كانت الزواحف خارجيّة الإحار (باردة الدّم)، فهي تعيش غالبًا في المناطق الدافئة من العالم حيث تدفّي الشمس أجسامها فتنشّط.



نابا الصلّ النّاشرة (الكوبرا) مُجوّفان وموضّعان في مقدّمة الفم. وهي تستطيع قذف السّم في الهواء بدقة نحو مهاجمها.

الأربطة والمفاصل المرنة تُسمع لِقشَمِي الفك السفلي بالتباعد أثناء ابتلاع الفرائس.

إذا ما هُذِدت، تنفّس الكوبرا ضلّعات حول رأسها وتُنفّسها.

الخبيث لها أحيانًا أكثر من ٤٠٠ زوج من الأضلاع، لكنّها ذات رتّة عاملة واحدة عادة. تتراذف كلّيتا الأفعى، الواحدة خلف الأخرى، تلاؤمًا مع ضيق الجسم.



الأصلّة (البوّاء)، كسانر الزّواحف، خارجيّة الحرارة، تقبّع في الشمس أثناء البرد، وتنسحب إلى الظل حين يشتدّ الحرّ كثيرًا.

الأصلّة العاصرة

الأصلّة العاصرة (كُنُسَرِكُتُور كُنُسَرِكُتُور) تقتل فريستها بالخنق هضرا، فتلف الأفعى جسمها حول الضحية وتمنعها من التنفس. ومتى اطمأنت إلى موتها تتلغها بالرأس أولًا. الأصلات بيوض ولود - أي إنّ الأنثى تحتفظ بيوضها (مُحاطًا بقشرته) داخل جسمها حتى تفقس فتولد.

العظايا العملاقة

تبنّ كُومودو (فارانوس كُومودُنِسِر) هو أضخم عظايا العالم، فقد يتلغ طول البالغ منه، من الرأس إلى الذنب، ٣ أمتار، ويَزِن أكثر من ٧٠ كغ. تستوطن العظايا العملاقة هذه جُزُرًا في إندونيسيا وتغتذي بحيوانات قد تبلغ حجم الأيائل.



للوزغة (سام إيزص) عينان كبيرتان كالتي من الحيوانات الليلية النشّاط.

تغتذي الإغوانا البحريّة بالطحالب النامية على الصخور المغمورة.



العظايا المُسلّقة

الوزغات عظايا ليليّة النشّاط تصيّد صغار الحشرات. وهي تستطيع تسلّق الجدران وكذلك السير مقلوبة على السقوف بفضل لُيّنات خاصّة على أباخسها مُعظّاة بهلِب دقيقة تعلّق بالشقوق الصغيرة على السطوح التي تسلقها.



العظاية الغوّاصة

الإغوانا البحريّة (أميليرنكس كريستائس) تستوطن جُزُر غلاباغوس، شرقيّ المحيط الهادي، وهي الوحيدة، بين العظايا التي تغتذي في البحر. وهي عندما تغوص في الماء يتباطأ خفقان قلبها، فيساعد ذلك في توفير استهلاك الأكسجين، ويحول دون تبريد كمّيّة كبيرة من دم الإغوانا بالمياه الباردة الخارجيّة.

الإنسلاخ

تطرّح العظايا والحيات من وقتٍ لآخر طبقة الجلد الخارجيّة لِتستطيع التّموُّ. وتستغرق عملية الإنسلاخ هذه في الغالب عدّة أيام، حيث يبدأ الجلد بالانفلاق حول الرأس أولًا، ثم يأخذ بالتّشّير على امتداد باقي الجسم. والحيات تطرح جلودها قطعة واحدة في الغالب.

العظاية البطيئة العمياء (انجويس فراجيلس) تطرح جلودها قطعًا كبيرة.



يسبح التمساح ضامًا أرجله قُرب جسمه، ومُؤجًا ذيله المُفلطح.

رُغم أن التمساح النهري ضارٌ رهيبٌ، فهو والدٌ خنُونٌ يَغتنِي بصغاره.

التمساح

التمساح على أنواعها تنتمي إلى رتبة التمساحيات، وهي شبيهة بالعظايا العملاقة، لكن ترتيب العظام في جماجمها يُظهر أنها أقرب إلى الدينصورات منها إلى أي زاحف حي. هنالك حوالي ٢١ نوعًا من التمساح، كلها تعيش جُزئيًا في الماء. أمّا النوع الأكبر، وهو تمساح المصببات النهرية البحري (كروكوديلوس بوروسس)، فقد يبلُغ طوله ٦ أمتار أو أكثر - ممّا يجعله أضخم الزواحف في العالم.

تُغطّي جسم التمساح خراشيف كبيرة، والظهرية منها مُقوّاة بالعظم كصفائح مُدزّعة.

منخر التمساح في طرف خطمه، ويمكنه غلقهما عندما يغوص في الماء.

الأسنان بسيطة وتُدي الشكل لتمزيق اللحم.

تنقل أنثى التمساح صغارها إلى الماء في قُمها وترعاها عدّة شهور حتى تستطيع الاعتماد على نفسها.

جُمجمة التمساح الهندي

جُمجمة تمساح المصببات

أرجل قويّة قصيرة

جماجم الزواحف

جُمجمة تمساح المصببات عريضة، وعُضلات فكّه قويّة للغاية. وهو يُغتذي بالحيوانات الكبيرة، فيجرّجُر ضحيته تحت الماء ناهبًا منها قطعًا يبتلعها كاملة. أمّا تمساح الهند الأصغر (چافالييس چانچيگس)، في أنهار شبه القارة الهندية، فيقتات بالأسماك. والفكان في جُمجمته صيّقان جدًّا، وهو يلتقط طعامه خطفًا كالطيور.

تمساح بالغ



تُخصن بيوض بعض الزواحف داخل الجسم؛ وتولّد الصغار بعد أن تفقس.

الثوّاتار

الثوّاتارات هي السلالة الوحيدة الباقية من فئة الزواحف الوُتديّات الأسنان - التي كانت شائعة قبل ملايين السنين. وبخلاف الزواحف الأخرى، فالثوّاتارات تظلّ نشطة في درجات الحرارة الخفيفة القارس. والبرّة المُرْقطة منها (سفينودون پنکٹاس) تعيش حاليًا في مَحيطات خاصة على جُزر صغيرة بعيدًا عن سواحل نيوزيلندا.

الزواحف السائدة

كانت الزواحف في سالف الأزمان أنجح الفقاريات على الأرض؛ وقد تراوحت حجُوم الدينصورات من حيوانات ضئيلة بحجم القرخة إلى البراكيسورس العملاق (بطول ٢٥م وزنة ٥٠ طنًا). ثم انقرضت الدينصورات وأشكال أخرى من الأحياء في إبادة جماعية يعتقد بعض العلماء أن سببها يعود إلى ارتطام رَجَم هائل بالأرض.

دينونيكس

دينوصور قزَمي الرّجلين الاماميّتين



السُلحفيات

السُلحاف البحرية (اللجّات) والبريّة يحميها ذبُل عظمي مُغطى بحراشيف قرنيّة. تُغتذي السُلحاف بالنباتات والحيوانات الصغيرة، وهي عديمة الأسنان، تُغطّي الفكّين فيها مادّة قرنيّة. لجّاء غلاباغوس، أعلاه، (جيوكيلون إليفنتويس) هي نوع عملاق من السُلحاف البحرية قد يَزِيد وزنها على ١٧٠ كغ.

يبلُغ طول الثوّاتارا الكامل المُقو حوالى ٦٠سم. تعيش الثوّاتارات في جُحور وتُغتذي بالحشرات والبيض والضفادع وصغار الطيور البحرية.

لمزيد من المعلومات انظر

- التنفس ص ٣٤٧
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦
- الحواس ص ٣٥٨
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠، ٤٢٢

الطيور

الدلائل الأُخفورية تُشير إلى أنّ الطيور قد تطوّرت من الزّواحف. فهي، كما الزّواحف، فقاريات تضع بيوضاً ذات قشرة، وبقايا الحراشف ظاهرة في القدمين. لكنّ الطيور تميّز عن الزّواحف بمعالم شتى، فهي من بين سائر الحيوانات مَكسوّة بالريش، وكلّها ذات أجنحة ومناقيد. وهي داخلية الإحراق (حارة الدّم) - فلا تتغيّر درجة حرارتها بتغيّر درجات الحرارة الخارجيّة. ودفعاً الجِسم هذا يجعلها ناشطة الفعل والطيّان دوماً، والواقع أنّ الطيور أكثر الكائنات الحيّة قدرة على الطيران. هنالك ٩٠٠٠ نوع من الطيور تعيش في مُختلف الأماكن - في المُدن والغابات المَطيّة الاستوائية وعلى الطوافي الجليديّة.

ريش الطيور يتكوّن من حراشف الزواحف.

الطرفان الأماميان تحوّران إلى جناحين.



تُغطّي القدمين حراشف صلبة.

تصميم الجِسم في الطيور

خلال مراحل التطوّر، أصبحت أجسام الطيور خفيفة، مشيقة إنسيابية، ومدمجة. فطائر الرّاف (المازور) هذا (ألسيدو أثيس) يبلغ ١٦ سم طويلاً، لكن لا يزيد وزنه على ٤٠ غ. وهو، كسائر الطيور، مَكسو بالريش، وتُغطّي قدميه حراشف صلبة، ومناقره صلب لكنّه خفيف الوزن. والطيور الصغيرة، كالرّاف، ذات درجة حرارة جسدية هي الأعلى في عالم الحيوان. لذا فهي بحاجة إلى مورد غذائي مُستمرّ لسد احتياجات أجسادها.



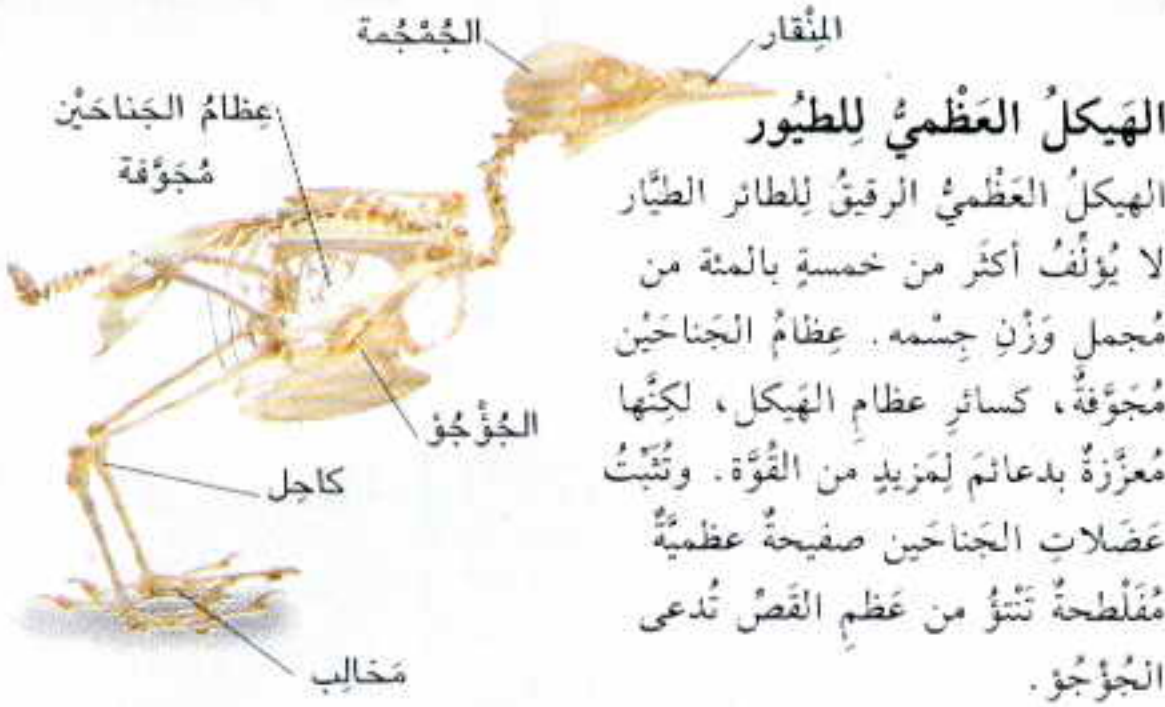
التركيب الداخلي للطيور

الطيور عديمة الأسنان فلا تمضغ طعامها. وتستعاض عن ذلك بطحن الغذاء الصلب في حُجيرة خاصّة تُدعى القانصة. ورتنا الطائر أكثر تعقيداً وفعالية من رتات اللّيونات والزّواحف. فعند الشّهيق، يسري الهواء إلى فجوات خاصّة تُدعى الأكياس الهوائية، ومن ثمّ يتنقل إلى الرّئتين. ومنهما إلى مزيد من الأكياس الهوائية، قبل زفره إلى الخارج.

دورة حياة طائر نموذجي



إخصاب داخل الجِسم



الهيكل العظمي للطيور

الهيكل العظمي الرقيق للطائر لا يؤلّف أكثر من خمسة بالمئة من مجمل وزن جسمه. عظام الجناحين مُجوّفة، كسائر عظام الهيكل، لكنها معزّزة بدعائم لمزيد من القوة. وتثبت عضلات الجناحين صفيحة عظمية مُفلطحة تتكوّن من عظم القص تُدعى الجوّجو.

طيور لا جناحية

الكبيوي الأسمر (أثريكس أسترالس) في نيوزيلندا هو واحد من عدّة طيور فقدت قدرتها على الطيران. فجناحاه صئيلان أثريان وريشه شعريّ. وخلافاً لما هو الشائع في الطيور، فللكبيوي حاسة شم جيّدة يستخدمها في تلمس طعامه ليلاً.



العناية بالكساء الريشي

الكساء الريشي بحاجة إلى عناية مُستمرة ليبقى في حالة جيّدة. وتستخدم الطيور مناقبها كالمشط في تمسيد الأسلاك والأسلاك وصمّها معاً، وأيضاً لإزالة الفُمل والتّلفّيلات الأخرى. معظم الطيور تُطرح كساءها الريشي، وتستبدل به آخر، مرّة أو مرّتين في السنة. هذه البطة تنظّل كساءها الريشي بزيّ خاص يجعله صامداً للماء.



ريشاً مُغازلة من ديك الخبش البري (مليجرس جلويافو). كل ريشة لها قصبتيان مرّتان وأسلاك قصيرة.

ريشة الطير ذات عراقي (قصبية) متين وأسلاك وأسلاك وثيقة التشابك.

الريش الرّغبيّ يغزل الجِسم حراريّاً. فالأسلاك فيه لا تتشابك معاً بل تنتشر لتكوّن طبقة مُنتفخة تحبس الهواء.

ريش الجِسم تُكسيه انسيابية. فقاعدة الريشة طرية ومُنتفخة، لكنّ سطح طرفها العلوي أكثر انسياباً.



الكساء الريشي

يتألّف الريش من القرنين، المادّة نفسها التي يتألّف منها شعْرنا وأظفارنا. فالعراق، الذي يمتدّ قصبّة على طول الريشة، يحول آلاف الفروع الجانبيّة، المُسمّاة أسلاك. ولهذه فروع أصغر تُدعى أسلاك تشابك معاً بخطاطيف دقيقة لتولّد صفحة النّضل. وقد يحوي كساء الطائر الريشي فوق الـ ١٠,٠٠٠ ريشة مُختلفة الأشكال والأنواع.

ذكر الشرشور الزاهي الألوان
لا يُشارك في حضن البيض -
والأ كانت الوانهُ تُشير
للضواري اكتشاف العش.

تُحَضِّن أنثى الشرشور بيوضها تحت
ريشها العازل وجسدها الذي - علماً
أن بعض ريش الصدر يتساقط
في رُقعة الحضن.

شرشور جولد
(كلوبيا جولدي)
ذو منقار
مُهانئٍ لأكل
البُزور - فهو قصير
متين يستطيع كسر
البُزور والتقاط ما
فيها.

منقار النحام
(فنيكوپترس روبر)
يعمل كالصفاء؛
فيتحرك جزؤه
السفلي صعوداً
وهبوطاً ضاخاً
الماء على الجزء
العلوي، حيث
يُحبس الطعام فوق
حافة من الشقوق.

حجيرة العش

عش بيض
يتشأ فرخ الطائر داخل البيضة، خارج جسم
الأم، تقيه قشرة صلبة تمنع شروب الماء لكنها
تسمح بدخول الأكسجين. الطيور الصغيرة كهذا الشرشور (فرنجل)
كوليس) تضع عدة بيوض في العش؛ والفراخ لا تتشأ ما لم ترخم الأنثى
على البيوض فتدفعها بالحضن.

يشتهد الحباك الإفريقي (من نوع بلوسيسوس) بمهارته
في حبك الأعشاش. يحك الذكر العش من أصول العشب بمنقاره
ورجله. وعند الانتهاء يتغلق به مرفقاً جناحيه لاجتذاب القرين.

أنبوب
المدخل

المدخل

الأعشاش

جميع الطيور بيضة، لكن
ما كُلها تبني أعشاشاً. فبعض الطيور البحرية تضع بيوضها مباشرة
على حواف الجرف الصخرية. وكثير من الطيور الأرضية العيش تضع
بيوضها في حفرة بسيطة تبطنها بالريش. والطيور التي تبني أعشاشاً
مُعقدة تستخدم أنواعاً عديدة من المواد كالأوراق النباتية والعيدان
والطين والشعر وشع العنكبوت واللغاب أيضاً. ولا يحتاج الطائر إلى
تعلم بناء عشه - فالغريزة كفيلة بذلك.



الفران الخمراوي (فرناريوس
روفوس)، من أمريكا الجنوبية، يبني
له عشاً من الطين قرني الشكل
بخجم كرة القدم يتصلب عندما
يجف. وللغش ممر مقوس
يؤدي إلى حجرة داخلية.

شمامة النحل الإفريقية
(سيسيوروس پارفوس) تُغري بعض
الريش الرغبي فوق ورقة نخل؛ ثم تغري
بيوضها فوق فرشاة الريش تلك، فتبقى
ملتصقة حتى أثناء الغواصف.

هجرة الطيور

تقضي الطيور عادةً موسمي الصيف والشتاء في مكانين
مختلفين. فالكثير من أنواع الإوز
تتزوج في أقصى الشمال
حيث الطعام وفير خلال
الصيف القصير؛ ثم تطير
جنوباً عندما يبرد الطقس
مع اقتراب الشتاء. هذه
الرحلات الطويلة تدعى هجرات الطيور.



الوقواق

أنثى الوقواق (كيوكولس كائورس) لا تبني
عشاً، بل تضع بيضة مكان إحدى البيوض في
عش طير آخر في غياب حاضنته. وعندما
يقبض الوقواق الصغير يدحرج البيوض
الأخرى خارج العش ويستقل به. ويواظب
الوالدان الربوبان على إطعام فرخ الوقواق،
الذي يفوقهما حجماً، كأنه فرخهما.



المناقير والطعام

يتألف منقار (منقار) الطائر من عظم مُغطى
بطبقة قرنية. ويبقى القسم العظمي من
المنقار على حجمه عادةً في الطائر البالغ،
لكن المادة القرنية تنمو باستمرار لتعويض
البلى. والمنقار ملأ من أنواع الطعام الذي
يتناوله الطائر، فالطيور المتميزة نوع التغذية
لها عادةً مناقير متميزة.

لمزيد من المعلومات انظر

- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الهياكل الداعمة ص ٣٥٢
- الحركة ص ٣٥٦ ، الدم ص ٣٦١
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٠ ، ٤٢٢

اللبونات

إذا ما سألت رفيقًا أن يُسمّي حيوانًا ما، فالأرجح أنه سيُسمّي حيوانًا من اللبونات (الثدييات)، وهي الطائفة التي ينتمي إليها البشر كما معظم الحيوانات الكبيرة المألوفة في حياتنا اليومية. لكن ليست كل اللبونات كبيرة - فهي تتراوح حجمًا من الزبابة والخفافيش حتى الفيلة والحيتان الضخمة. تشترك اللبونات في ثلاث ميزات رئيسية - فهي داخليّة الإحراق (دافئة الدّم وثابتة درجة الحرارة)، وذات كساء من الفرو أو الشعر، وتُرضع صغارها لبنًا تُفرزه الغُدّة الثدييّة لدى الأم. واللبن غذاء كامل لصغار اللبونات يُقيتها حتى تقوى على إيجاد طعامها بنفسها. واللبونات أكثر الفقاريات انتشارًا على اليابسة حيث يُوجد منها حوالي ٤٠٠٠ نوع.



جسم جمار
الرزد مغطى
بالشعر.

يُرضع الفلّو لبنًا من
ضروع الأم.

جمار الرزد الشائع
(إكّوس بورشيلي)

اللبونات السُخديّة (المشيمية)

جمار الرزد، كسائر الحيوانات المشيمية هنا، هو لبون مشيمي. فالفلّو ينمو داخل رحم الأم حيث يستمدّ غذاءه منها عبر السُخد، وهو نسيج إسفنجي ينقل الغذاء من دم الأم إلى دم الجنين. والفلّو الوليد، بخلاف الوليد البشري، قوي لا يلبث أن يقف على قوائمه ويتبع أمه.



اللبونات الطيّارة

تشكل الخفافيش، بأنواعها الألفين، قرابة ربع عدد أنواع اللبونة. وهي الحيوانات الوحيدة، بين اللبونات، القادرة على الطيران حقيقة. تقتات معظم الخفافيش بالحشرات، وهي تُحدّد مواقعها بدقة في الهواء بواسطة صدى النبضات الصوتية التي تُنبئها كالرادار. أمّا أنواع الخفافيش الأكبر فتقتات بالثمار.



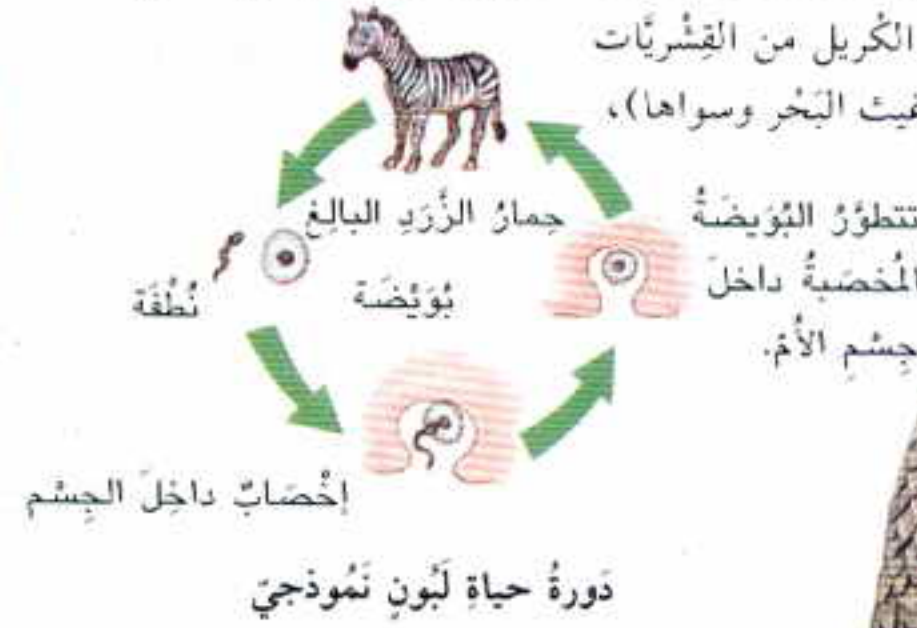
الأرنب من الحيوانات العاشبية؛
أسنانه الأماميّة قاطعة
والخلفيّة طاجنة.

الكلب من اللواجم؛
أنيابه الطويلة
الحادة تقبض
الفريسة.

أسنان اللواجم قاطعة
حادة تُمزق اللحم وتقطّعه.

الأسنان والغذاء

أسنان اللبونات مُتنوعة الأشكال كتنوع الأدوات في صندوق عدّة. فاللبونات البالغة المُختلفة تقتات بضروب مُختلفة من الطعام، وأسنانها مكيّفة لتتلاءم ونوعية غذائها. فاللواجم (أكلات اللحم) ذات أسنان قابضة مازقة، والعاشبات (أكلات التّبت) ذات أسنان قاطعة وطاجنة. أمّا القوارث، التي تُغتذي بمُختلف أنواع الطعام، فأسنانها مُتنوعة - قابضة وقاطعة ومازقة وطاجنة. بعض اللبونات، كالثدييات (أكلات التّمل) والحيتان الباليينية، التي تُغتذي بأسنفاة عوالق الكريل من القشريات البحرية (كالكريدس وبراغيت البحر وسواها)، عديمة الأسنان.



دورة حياة لبون نموذجي

لبون مدرّع

أم قرفة الشجري (مانيس ترايكسبس)، من إفريقية الاستوائية، تحمي خراشف ضلّة ورقية الشكل تغطي معظم الجسم. يُغتذي أم قرفة بالتّمل والأرض يلتقطها بلسانه الطويل. وهو، كأكلات التّمل الأخرى في أستراليا وأمريكا الجنوبيّة، عديم الأسنان.



اللبونات المائية

الدلافين لبونات من رتبة الحوتيات - تقضي حياتها كلّها في البحر. وخلال مسارها التطوري اتخذت الدلافين شكلًا انسيابيًّا كالسمك، لكنّها، كبافي اللبونات، تُرضع صغارها لبنًا وتتنفّس هواء الجوّ.



الدلافين المدوّمة
(ستينلا لونچيروسستيس)

الزبابة الشجرية الشائعة
(توپایا جلیس)

الزبابة الشجرية

الزبابة (ج. زبابة) الشجرية، من جنوبي وشرقي آسيا، لعلها أشبه باللبونات الأولى التي تطوّرت من أسلاف زواحف. وهي ليليّة النشاط ذات عيّنين واسعتين وحاسة شم قويّة. ويعتقد البيولوجيون أن حيوانات مُماثلة للزباب شاركت الدينصورات الأولى العيش على الأرض منذ أكثر من ٢٠٠ مليون سنة.



اللُّبُونَاتُ الجَرَابِيَّةُ

تُولَدُ صِغَارُ الجَرَابِيَّاتِ غَيْرَ مُكْتَمَلَةِ النُّمُو؛ فَيَرْحَفُ الْوَلِيدُ الضَّئِيلُ الْحَجْمُ مُبَاشَرَةً إِلَى جَرَابِ الْأُمِّ حَيْثُ يَتَعَلَّقُ بِأَحَدِ الْحَلَمَاتِ فِيهِ فَيُعْتَذِي وَيَنْمُو. وَالْجَرَابُ فِي الْقَنَاعِ كَيْسٌ فَسِيخٌ، أَمَّا فِي بَعْضِ الْجَرَابِيَّاتِ الْآخَرَى، كَالْكُوُولِ، فَقَدْ لَا يَزِيدُ عَلَى سِدْلَةٍ بَسِيطَةٍ. هُنَاكَ حَوَالَى ٢٦٠ نَوْعًا مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ؛ وَمَعَ أَنَّهَا تَرْتَبِطُ فِي أَذْهَانِ الْكَثِيرِينَ بِأُسْتْرَالِيَا، فَالْعَدِيدُ مِنْهَا يَسْتَوْطِنُ أَمْرِيكََا الْجَنُوبِيَّةَ.

الْفَرْؤُ أَوْ الشَّعْرُ يَحْمِي الْجِلْدَ مِنَ الشَّمْسِ وَالْأَذَى، كَمَا يَنْقَعُ تَرْتَبُّبُ الْجَسْمِ وَيَحْفَظُ حَرَارَتَهُ.

تَسْتَطِيعُ أُنثَى الْقَنْغَرُ تَوَالِي إِنتَاجِ الصِّغَارِ كَمَا فِي خَطِّ إِنتَاجِ صِنَاعِيٍّ - فَبَيْنَمَا يَتَكَوَّنُ وَاحِدٌ دَاخِلَ الرُّجْمِ، يَكُونُ آخَرُ فِي الْجَرَابِ، وَثَالِثٌ حَوَالِيهَا يُقَارِبُ الْإِعْتِمَادَ عَلَى نَفْسِهِ.

وَحِيدَاتُ الْمَسْلَكِ

حُلْدُ الْمَاءِ أَوْ مِتْقَارُ الْبَطِّ (أُورْنِثُورِنُكْسُ أَنْاتِينُوسُ) حَيَوَانٌ يَجْمَعُ الْغَرَائِبَ. فَهُوَ لَبُونٌ بَيَوضٌ، مُكَفَّفُ الْأَصَابِعِ وَذُو مِتْقَارٍ كَالطَّيُورِ. وَعِنْدَمَا تَفْقُسُ صِغَارُهُ، تَعْتَذِي بِلُحْسِ اللَّبَنِ مِنْ غُدَدِ ثَدْيِيَّةٍ، عَلَى بَطْنِ الْأُمِّ، لَا حَلَمَاتٍ لَهَا.



نَوْعَانِ آخَرَانِ مِنَ اللَّبُونَاتِ فَقَطْ بَيَاضَةٌ - هُمَا قُنْفُذَا الثَّمَلِ (أَكَلَا الثَّمَلِ الشُّوَكِيَّانِ). وَهُمَا يُؤَلَّفَانِ مَعَ مِتْقَارِ الْبَطِّ وَرُبَّةٍ صَغِيرَةٍ مِنَ اللَّبُونَاتِ تُدْعَى وَحِيدَاتِ الْمَسْلَكِ.

الطَّرْفَانِ الْأَمَامِيَّانِ قَصِيرَانِ يَسْتَخْدِمُهُمَا الْقَنْغَرُ فِي الْخَفْرِ وَالْهَنْدَمَةِ وَالذَّفَاعَ عَنِ النَّفْسِ.

يَقْفِزُ صَغِيرُ الْقَنْغَرِ إِلَى دَاخِلِ الْجَرَابِ إِذَا أَحْسَسَ بِالْخَطَرِ، حَيْثُ يَنْطَوِي عَلَى نَفْسِهِ ضَامًّا أَطْرَافَهُ بِاتِّجَاهِ رَأْسِهِ.

الْكُوَالَا

الْكُوَالَا (فَاسْكُولَارِكْتُوسُ سِينَرِيُوسُ) حَيَوَانٌ جَرَابِيٌّ أَسْتْرَالِيٌّ تَكَيَّفَ لِلْعَيْشِ فِي الشَّجَرِ، وَلِغَذَاءٍ يَتَأَلَّفُ بِصُورَةٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنْ وَرَقِ الْأُوكَالِيتُوسِ. تَقْضِي صِغَارُ الْكُوَالَا نَشَاطَهَا الْأُولَى فِي جَرَابِ الْأُمِّ، وَعِنْدَمَا تَكْثُرُ نَوْعًا، تَخْرُجُ مِنَ الْجَرَابِ وَتَنْشِئُ بَظَهْرِ الْأُمِّ. وَالْكُوَالَاتُ لَيْسَتْ وَثِيقَةُ الْقُرْبَى بِالذَّبِّيَّةِ رُغْمَ أَنَّهَا تُشَبِّهُهَا. فَالذَّبِّيَّةُ حَيَوَانَاتٌ لَبُونَةٌ مَشِيمِيَّةٌ لَا جَرَابِيَّةَ.



أَظَافِرُ طَوِيلَةٌ حَادَّةٌ لِحِزْفِ الرَّمَالِ



لَبُونٌ دِيمَاسِيٌّ

لَقَدْ طَوَّرَ الْكَثِيرُ مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ أَشْكَالًا وَأَسَالِيبَ حَيَاةٍ تُمَازِلُ شَبِيهَاثَهَا مِنَ اللَّبُونَاتِ الْمَشِيمِيَّةِ. فَشَكْلُ الْقُلُوبِينَ الْجَرَابِيِّ (نُوتُورِيكِيسُ تَيْفَلُوسُ) شَبِيهُ جِدًّا بِالْقُلُوبِينَ الْمَشِيمِيِّ، مِنْ حَيْثُ بِلَادَةُ جَسْمِهِ وَقُوَّةُ قَوَائِمِهِ الْحَقَّارَةِ. وَهُوَ أَيْضًا مِثْلُهُ يَعْتَذِي بِالْبِرْقَانَاتِ الْكَبِيرَةِ وَالذَّبْدَانِ.

الْكُوُولُ

الْكُوُولُ الْجَمِيلُ التَّرْقِيطُ (دَسِيُورُسُ فِيفَرِيُوسُ) هُوَ الْجَرَابِيُّ الْأَسْتْرَالِيُّ الْمُقَابِلُ لِلْهَرِّ. وَهُوَ حَيَوَانٌ ضَارٍ لَيْلِيٍّ النِّشَاطِ، يَعْتَذِي بِالْحَيَوَانَاتِ الصَّغِيرَةِ كَالْحَشَرَاتِ وَالْجَرَابِيَّاتِ الْأَصْغَرِ؛ لَكِنَّهُ لَيْسَ صَيَادًا مَاهِرًا كَنَظِيرِهِ الْمَشِيمِيِّ. فَمُنْذُ إِدْخَالِ الْهَرِّ الْأَهْلِيِّ إِلَى أَسْتْرَالِيَا تَرَاجَعَتْ أَعْدَادُ الْكُوُولِ، كَمَا انْخَفَضَ عَدَدُ الْكَثِيرِ مِنَ الْجَرَابِيَّاتِ الْآخَرَى أَيْضًا نَتِيجَةً لِمُنَافَسَةِ اللَّبُونَاتِ الْمَشِيمِيَّةِ لَهَا.



أُپُوسُومُ فَرَجِينِيَّةٌ

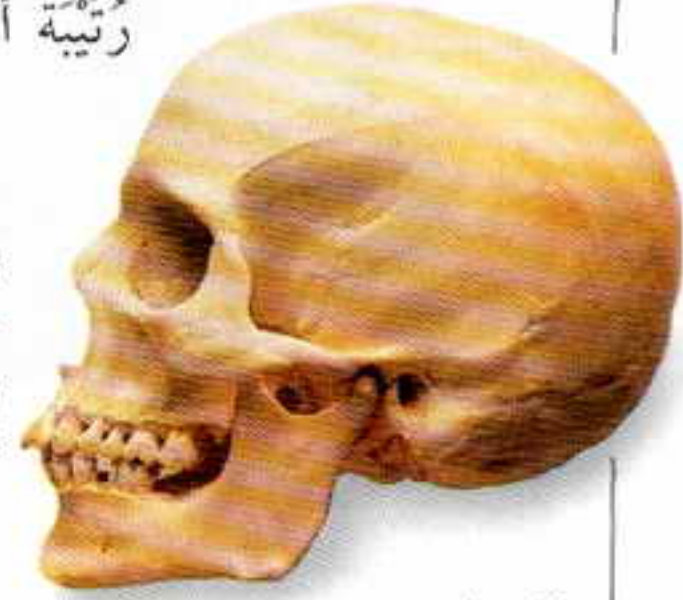
لَقَدْ حَقَّقَ أُپُوسُومُ فَرَجِينِيَّةٌ (دِيدِلْفِيسُ فَرَجِينِيَّانَا) نَجَاحًا نَادِرًا فِي دُنْيَا الْجَرَابِيَّاتِ. فَهَذَا النُّوعُ الْجَرَابِيُّ الشَّجَرِيُّ، مِنْ أَمْرِيكََا الشَّمَالِيَّةِ، قَدْ وَسَّعَ مَدَى انْتِشَارِهِ شِمَالًا بِأَطْرَادٍ حَتَّى كَنَدَا. وَقَدْ تَسَنَّى لَهُ ذَلِكَ بِتَكْيُفِهِ لِلْعَيْشِ بَيْنَ الْبَشَرِ - فَهُوَ يَجُوبُ الْحَدَائِقَ وَيَعْتَلِي السَّقُوفَ وَيَبْحَثُ عَنِ الطَّعَامِ بَيْنَ الْفَضَلَاتِ الْمَتْرَلِيَّةِ.

لِمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْأَسْنَانُ وَالْفَكَّانُ ص ٣٤٤
- التَّنَفُّسُ ص ٣٤٧
- الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ ص ٣٤٩
- الْبَيْئَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ) ص ٣٥٠
- الْمِهَابِكِلُ الدَّاعِمَةُ ص ٣٥٢
- التَّنَاسُلُ الْجِنْسِيُّ ص ٣٦٧
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٠، ٤٢٢

الرئيسات

نحن البشر ننتمي إلى رتبة من اللّونات تُدعى الرئيسات، وهي كما يُشير اسمها أعلى الكائنات الحيّة. تُقسّم الرئيسات إلى فئتين هما: أشباه الإنسان (البشر والقردة والسعادين) والپروسيميّات (وتشمل الليمير وطُفول الأدغال والآيات). وينتمي جميع البشر إلى رتبة من الرئيسات ليس فيها سوى جنس الإنسان. والإنسان يعيش على الأرض ويمشي على رجلين، فيما معظم الرئيسات الأخرى شجرية العيش وتستخدم أرجلها الأربع. العنّان في الرئيسات أمامية التوجّه ممّا يُساعد في تقدير المسافات؛ والأصابع والأباض قابلة للتّشبي فيمكنها قبض الأغصان والتمسك بها. وتتميّز رتبة أشباه الإنسان بأدمغة كبيرة ومستوى عالٍ من الذكاء.



بالمقارنة مع جُمجمة القرد، جُمجمة الإنسان ذات قحفٍ دماغيّ كبير جدًا وفكّين قصيرين وأسنان صغيرة.

أصل الجنس البشري

إنَّ شكل جُمجمة الإنسان بالغ الأهمية في تتبّع مسار تطوّر النوع البشري، لأنّه يمكنُ مقارنتها مباشرةً بالجماجم الأحفوريّة لأقربائنا الأبعد، وتُشير دراسات العلماء إلى أنَّ الإنسان قد تطوّر من أسلاف من أشباه الإنسان؛ كما تُبيّن الأحافير أنَّ عدّة أنواع من أشباه الإنسان كانت متواجدةً منذُ ما بين مليون وخمسة ملايين سنة. ولم يبقَ منها حاليًا إلا نوع البشر فقط.

الآيات

الآيات (دوبتونيا المدغشقرية) المُهدّد بالانقراض من الرئيسات الدّنيا (الپروسيميّات) حيوانٌ شجريّ العيش ليليّ النشاط، يُغتذي ببقانات الحشرات وورق الشجر. يَدَا الآيات الأماميتان فيهما إصبعٌ ثالثٌ طويلةٌ إضافية، يُستخدمها في التقاط اليرقانات من قُلوغ لحاء الشجر.

الشّمبانزي (پان تروغلونيتس) يُستخدم أداة لاستخراج الحشرات من لحاء الشجر.



البعام (الشّمبانزي)

يستخدم الإنسان الأدوات عادةً للقيام بمهامّ معيّنة، وهكذا تفعلُ بعض الرئيسات الأخرى. فالبعام مثلاً، يُستخدم عيداناً حادّةً وأنصال الأعشاب للتّغيب عن الطعام؛ كما يَهْرُسُ القُرْدُوخُ (البابون) أحياناً الحيوانات الصغيرة بالحجارة. ويُستخدم العديد من الحيوانات الأخرى أدواتٍ لكنّها تفعل ذلك بالفريزة أصلاً. وتستطيع الرئيسات تعلّم كيفية صنع الأدوات بمُراقبة بعضها بعضاً أثناء العمل.

السّغلاة (الأورانغوتان)

تعيش الرئيسات في معظمها في المناطق المداريّة ودون المداريّة؛ وتشمل حوالي ١٨٠ نوعاً. ينتمي الأورانغوتان (پونجوبيجيوس) إلى فصيلة القردة التي تضمُّ أيضاً الغوريلا والبعام (الشّمبانزي). ويستوطن الأورانغوتان الغابات المطيرة في جنوب شرقي آسيا، وهو، كالعديد من الرئيسات مُهدّد بالانقراض، لأنَّ مواطنه الحراجيّة تجري إزالتها ليلاتجار بأخشابها، أو لاتخاذها مزارع وأراضي زراعيّة.



السّغلاة (الأورانغوتان) وسائل القردة الأخرى عديمة الذيل.

لويس وماري ليكي

أسهمَ عملُ عائلة ليكي في تتبّع حلقات مسار النوع البشريّ وتطوّره. فقد اكتشف لويس ليكي (١٩٠٣-١٩٧٢) في شرقي إفريقيا أحافير أناسيّة، وارتأى أنَّ نَشأة الإنسان كانت في تلك المنطقة. أمّا زوجته ماري (١٩١٣-) فقد اكتشفت عدّة أحافير لأسلاف بشريّة

وآثارَ أقدامٍ يرجع تاريخها

إلى قرابة ٣ ملايين سنة.

كما اكتشف ابنتهما

ريتشارد ليكي (المولود

عام ١٩٤٤) العديد من

الأحافير المهمّة أيضاً.



سيادة البشر

البشر أكثر الرئيسات عدداً بقدر كبير؛ ففي الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة ازدادَ عددُ سكانِ العالم من حوالي ١٠٠٠ مليون إلى قرابة ٦٠٠٠ مليون نسمة. ولم يسبق في تاريخ العالم أن كان لأي من أنواع الكائنات مثل هذا التأثير البشريّ الواسع المدى على الكائنات الحيّة الأخرى.

لمزيد من المعلومات انظر

التطوّر (النشوء بالتحوّل العضوي)

ص ٣٠٨

اللّونات ص ٣٣٤

الهياكل الدّاعمة ص ٣٥٢

البشر وكوكبيهم ص ٣٧٤

حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

الكائنات الحية - كيف تعمل

لماذا النبات أخضر؟ وما وظيفة الدم؟ وهل جلدك ميت أم حي؟ أجوبة هذه الأسئلة في كثير من الحالات تتعلق بتركيب المادة الحية. فالكائنات الحية تحوي أجزاءً متباينة، لكنها متوافقة ومترابطة بشكل رائع للعمل معاً. بعض هذه الأجزاء، في النبات والحيوان، كبير يرى بالعين المجردة، وبعضها صغير بالغ الدقة، فلا يرى إلا بالمجهر. إن أصغر الأجزاء، في سائر الكائنات الحية، هو معقد جداً. وبالتعرف الدقيق إلى كيفية عمل الأجزاء الصغيرة هذه يتوصل العلماء إلى تفهم طرائق عمل المتعضيات الكاملة.

كل ضرب من الكائنات الحية مكيف للبيئة التي يعيش فيها. فالشقوق (الجبوت) الشجري العيش له ذراعان طويلتان يترجح بهما بخفة وسرعة بين أعالي الشجر. وتساعد عيناه الاماميّة التوجّه في تحديد الأبعاد بدقة خلال ترجّحه من غصن لآخر.

المتعضيات وبيئتها

جميع الكائنات الحية، أو المتعضيات، ينبغي لها التوافق مع بيئتها. فهي تعتدي من المحيط الذي تعيش فيه، وتستخدم هذا الغذاء في أغراض عديدة تشمل إنتاج الطاقة للحركة، والمواد الأساسية للنمو والتناسل. وعبر مراحل نشئها طورت الكائنات الحية طرقاً مختلفة للحصول على غذائها. فالشقوق لا يجارى في التوصل إلى الأوراق والثمار في أعالي الشجر، وجهازه الهضمي قادر على هضم هذا الطعام كيمائياً محرراً محتواه من المغذيات والطاقة.

الأعضاء

يحتوي جسم الشقوق (الجبوت) مجموعة من الأعضاء تشمل الدماغ والقلب والرئتين والكبد وسواها. والعضو تركيبة ذات وظائف معينة في نطاق الحفاظ على الحياة. ولكل عضو شكل مميز، ويتألف من مجموعة متنوعة من الخلايا المختلفة.

الخلايا

الخلايا أصغر أجزاء الكائن الحي، وهي حبة كاملة حيوية. وخلايا العضو منسقة في مجموعات تدعى أنسجة؛ وكل نسيج يحوي ضرباً واحداً من الخلايا ويؤدي مدى محدداً من الوظائف.

راموز الجينات

كل خلية تقريباً لها مركز تحكم هو النواة. ويوجد داخل النواة جزيئات طويلة من الحامض النووي الرببي المنقوص الأكسجين الذي يشار إليه غالباً بـ «د ن أ». يتألف جزيء د ن أ من لولب مزدوج الخيط تربط طاقيه «جسور» كيميائية يولف تسلسلها الدقيق راموز جينات الخلية. وهذا الراموز أشبه بوصفة لطبيعة وكيفية ما تقوم به الخلية.

ماكينة الجسم

جسم الحيوان أشبه بمدينة ضخمة تتألف من أجزاء منفصلة. أصغر هذه الأجزاء يدعى الخلايا، وهناك ضروب عديدة منها في الكائنات الحية، توفر مجتمعة جميع الخدمات التي يحتاجها الجسم، من موارد للطاقة والاتصالات إلى التخلص من الفضلات. فالحيوان الواحد (كما النبتة) قد يحوي بلايين الخلايا منسقة بطريقة فائقة الدقة. وكل ما تقوم به أي خلية تحكمه نواتها.

أندرياس فيزاليوس

وضع فيزاليوس (١٥١٤-١٥٦٤)

أساسيات علم التشريح الحديث -

علم ودراسة بنية الكائنات الحية.

وهو طبيب بلجيكي حقق أهم إنجازاته في

إيطاليا. فقد عُين في سن الثالثة

والعشرين أستاذاً لعلم التشريح. وفي

العام ١٥٤٣، نشر كتابه «بنية الجسم

البشري» الذي تميز بدقة الملاحظة،

وجمال الرسوم الإيضاحية. فكان أول كتاب يبين تفاصيل الجسم

البشري بطريقة دقيقة.



الكبد إحدى أكبر أعضاء الشقوق. فهي تعالج الغذاء المهضوم وتقوم بعدة تفاعلات كيميائية وتخزن مواد تستخدم في إنتاج الطاقة.

الخلايا الكبدية هي أحد أنواع الخلايا في الكبد؛ وهي منسقة صفحياً وتفرز سائلاً يدعى الصفراء (المرة) يساعد في عملية الهضم.

تولف الخلايا الكبدية أحد أنواع الأنسجة في الكبد. وفي الكبد خلايا من أنواع أخرى تكون ضروباً أخرى من الأنسجة، كالوعائية الدموية.

طاقة د ن أ المتواجد في نواة الخلية.

الخلايا

كُلُّ كائنٍ حيٍّ يتألف من خلايا، وكلُّ خليةٍ منها تُشبهُ مَعْمَلًا بِالِغِ الصَّغَرِ، تجري فيه آلافُ التفاعلاتِ الكيماويةِ بِتَحَكُّمٍ فائقِ الدِّقَّةِ والعِنايةِ. وتُستخدَمُ الخَلايا هذه التفاعلاتِ لأداءِ كافَّةِ المَهَامِ الصَّرووريةِ للحياةِ. وتتكاثِرُ الخَلايا بالانقسامِ الثنائيِّ (الشَّطري) مرارًا وتكرارًا. بعضُ الكائناتِ الحيةِ، كالمتَمَوِّرةِ (الأميبا) أحاديِّ الخليةِ، وبعضُها الآخرُ، كالبَشَرِ، يتألف من ملايينِ الخَلايا العاملةِ بِتَكامُلٍ مَعًا. والخَلايا التي تُؤلفُ الأنسجةَ المُختلفةَ في مُتَعَصٍّ مُتباينةٍ نَوْعًا. وتُختلفُ الخَلايا النَّباتيةُ عن الخَلايا الحيوانيةِ، أساسًا، بِجُدرانِها الجاسيةِ وقُدْرَتِها على تَخْلِيْقِ غِذائِها.

الخلايا الحيوانية

الخليةُ الحيوانيةُ أشبهُ بِكَيْسَةٍ دَقِيقَةٍ رَخِصَةٍ يَمْلُؤُها مائعٌ. يَضُمُّ الخليةُ وَيَدْعُمُها غِشاءٌ مَرِنٌ رقيقٌ يُدعى الغِشاءُ البلازمي. وهو غِشاءٌ يَضْفُ مُنْفِذٌ يَسْمَحُ بِمُرورِ بعضِ الكيماوياتِ عِبرَهُ دونَ سِوَاهَا. ويتوسَّطُ الخليةُ نَوَاةٌ تَحْكُمُ كُلَّ ما يجري داخلَ الخليةِ. والنَّوَاةُ مُحاطَةٌ بِسائِلِ هَلَامِيٍّ يُدعى السَّيتوبلازم (أو هَيُولَى الخليةِ) يحوي جُسيماتٍ تُدعى عُضَيَّاتٍ، لِكُلِّ ضَرْبٍ منها وظيفتهُ في أنشِطَةِ الخليةِ.

خلية حيوانية نموذجية

الفجوات الخويصلية هي جيوب تخزين في الخلية، لتخزين الدهون مثلاً.

د ن أ في النواة تبقى التعليمات التي يحملها تُنسخ وتُنقل إلى مختلف أجزاء الخلية.

الشبكة الهيولية الباطنة الناعمة تُخلَقُ الدهون.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) يحيط بالخلية غشاءً بلازميً مساميً يتحكم بحركة المواد (الكيماويات) من الخلية وإليها. فهو غشاءٌ يَضْفُ مُنْفِذٌ يُمكنُها المُرورُ عِبرَهُ من جانبٍ لآخر.

يتألف الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة الجزيئات.

الغشاء البلازمي (غشاء الخلية) الريبوسات عُضَيَّاتٌ ريبية تُخلَقُ البروتينات. وتكون إما طافيةً في هَيُولَى الخلية أو مُلتصقةً بِالشَّبكةِ الهَيُولِيَّةِ الباطنة.

الشبكة الهيولية الباطنة الخشنة

هَيُولَى الخلية (السَّيتوبلازم) سائِلٌ هَلَامِيٌّ يحوي العُضَيَّاتِ، وغالبًا ما يَدُورُ داخلَ الخليةِ.

المتقدرة عُضَيٌّ يُؤدِّدُ الطاقةَ لِلخليةِ بِتفاعلاتِ التَّنَفُّسِ الخَلَوِيِّ. وتُوفِّرُ طِياثُها الداخليَّةُ مِساحَةً كبيرةً لحدوثِ تلكِ التفاعلاتِ.

الشبكة الهيولية الباطنة

شبكة الهَيُولَى الباطنة هي نُظْمُ العملِ في الخليةِ، وتتألف من منظومةٍ من الأغشيةِ

المُزدوجةِ تجري فوقها التفاعلاتِ الكيماويةِ. والأغشيةُ مُطَوَّاةٌ ومُرَتَّصَةٌ بعضها فوقَ بعضٍ كطبقاتِ الشَّطْرِيةِ؛ وهي تُتَّصِلُ بِالغِشاءِ التَّوَوِيِّ وبِالغِشاءِ البلازمي (غشاءِ الخليةِ).



ريبوسات على سطوح الشبكة الهيولية الباطنة الخشنة.

نَباتِيَّةٌ شَبَكِيَّةٌ الغِثِّيَّةُ يَبْلُغُ طُولُها ٤٠ ميكرومترًا بالمُقارَنَةِ مَعَ بَيْضَةِ النَّمَاةِ التي يَبْلُغُ طُولُها ٢٥٠,٠٠٠ ميكرومتر.

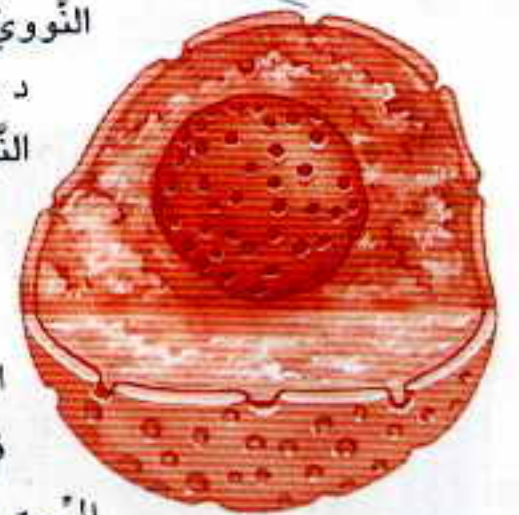


هذه الصورةُ المِجْهرِيَّةُ الإِلِكْترونيَّةُ، المُصْطَنَعَةُ اللَّوْنِ، لِنباتِيَّةٍ شَبَكِيَّةٍ الغِثِّيَّةِ تُظْهِرُ أَرْبَعَ خَلايا. أمَّا الخَلِيَّتَانِ الكُرَوِيَّتَانِ فهُمَا خَلِيَّتَانِ عُصْبِيَّتَانِ.

المَسَامُ في الغِشاءِ حَوْلَ النَّوَاةِ (الغِشاءِ التَّوَوِيِّ) تَسْمَحُ لِنُسخِ رَامُوزِ الد ن أ بِالانْتِقَالِ إلى خارجِ النَّوَاةِ.

النواة

النَّوَاةُ هي مَرْكَزُ التَّحَكُّمِ في الخليةِ؛ وتحوي تعليماتِ كِيماويَّةٍ في جُزَيئاتِ د ن أ (الحامضِ التَّوَوِيِّ الرِّبِيِّ المَنْقُوصِ الأكسجين) لِكافَّةِ ما تَقُومُ بِهِ الخليةُ. وَيَنْشُرُ د ن أ عَادَةً في النَّوَاةِ كَأَلْيافٍ طَوِيلَةٍ. وتحوي نَوَى مُعْظَمِ الخَلايا نَوَاةً واحدةً على الأقل؛ وهي جِسمٌ كُرَوِيٌّ صَغِيرٌ يُخلَقُ عُضَيَّاتٍ تُدعى الرِّيبوساتِ (أو الأجسامُ الرِّيبِيَّةُ).



أحجام الخلايا

مُعْظَمُ الخَلايا الحيوانيةِ يَتَراوحُ قُطْرُها بين ١٠ و ٢٠ ميكرومترًا (١/١٠٠ إلى ١/٢٠ من المليمتر)، بينما الخَلايا النَّباتيةُ أَكْبَرُ قَلِيلًا. لَكِنَّ الخَلايا تَتفاوتُ أَحجامُها تَفَاضًا عَظِيمًا؛ فَأَصْغَرُ الخَلايا التي تَعيشُ حُرَّةً هي بَكْتِريَا تُدعى المَظْطوراتِ، وَيَبْلُغُ قُطْرُ الخليةِ منها حِوَالِي ٠,١ ميكرومتر. أمَّا البَيُوضُ فَهي خَلايا عِملاقَةٌ، أَكْبَرُها بَيْضَةُ النَّمَاةِ التي قَدْ يَبْلُغُ طُولُها ٢٥ سم، وهي أَكْبَرُ ما يُعرَفُ من خَلايا.



بَيْضَةُ النَّمَاةِ قَدْ يَبْلُغُ وَزْنُها ١,٥ كِغ.

الخلايا

١٥٩٠ صانع نظارات طبي هولندي، زَخاريس جَانِسِن يَخْتَرُعُ المِجْهَرُ المُرَكَّبَ (مِجْهَرٌ فيه أَكْثَرُ من عَدْسَةٍ واحدة) فيَجْعَلُ الأجسامَ الصَّغِيرَةَ الدَّقِيقَةَ مَرِيَّةً لِلْمَرَّةِ الأولى.

١٦٦٥ العالمُ الانكليزي روبرت هوك (١٦٣٥-١٧٠٣) يَفْحصُ شِرائِحَ رَقِيقَةٍ عِبرَ مِجْهَرِهِ؛ فيرى أَشْكالًا صُنْدُوقِيَّةً الشَّكْلِ يَدْعُوها "خَلايا".

١٨٣٨ طَبِيبانِ أَلَمانيَّانِ ثِيودور شُفان (١٨١٠-١٨٨٢) وجاكوب ماثياس شَلِيدِن (١٨٠٤-١٨٨١) يَرْتَبِيانِ أَنَّ جَمِيعَ الكائناتِ الحيةِ تتألف من خَلايا.

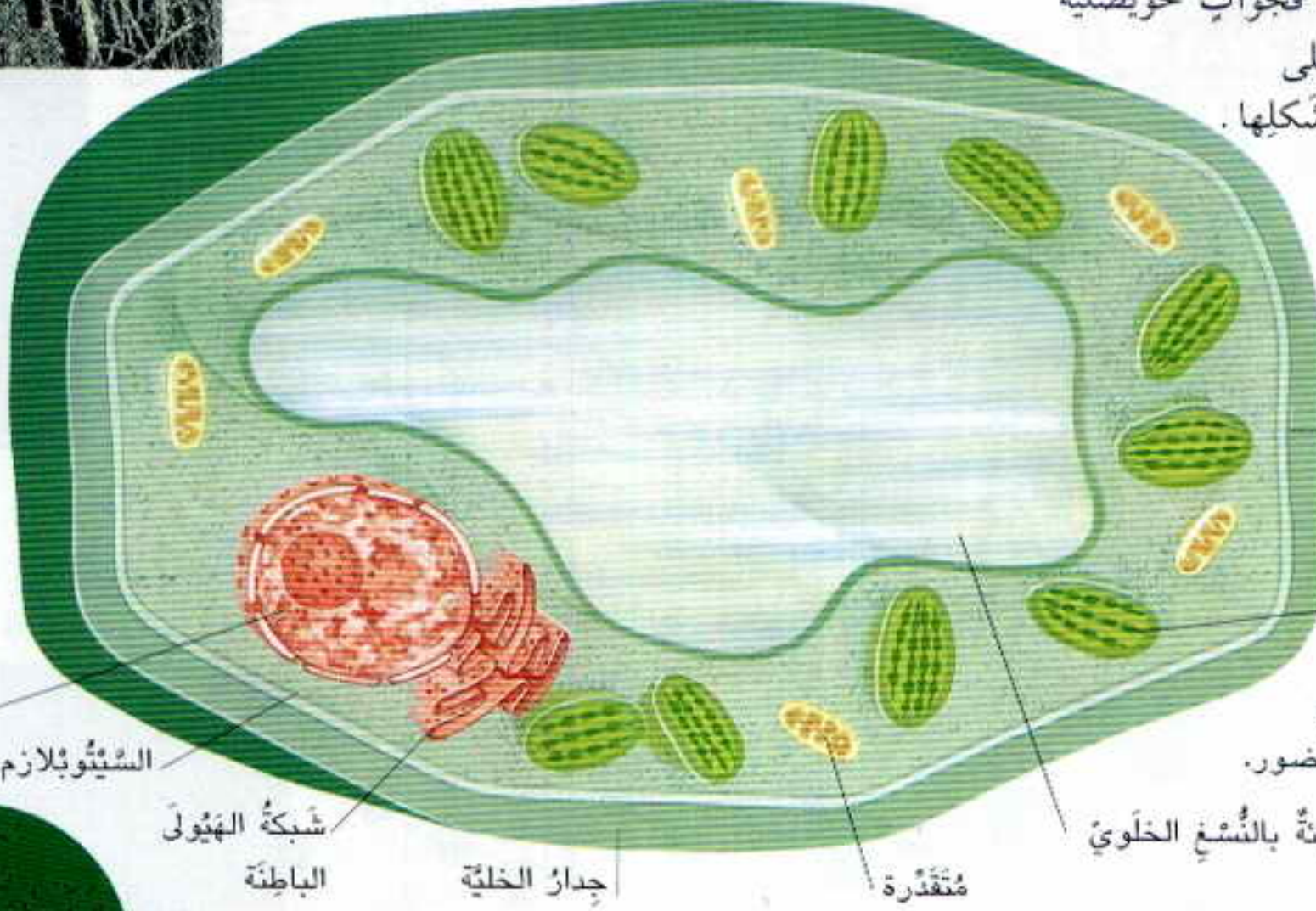
١٩٣٧ البَيُولُوجِي الفَرَنسِي، إدوار شاتون، يَلْخِظُ أَنَّ بعضَ المُتَعَصِّياتِ المِجْهَرِيَّةِ (بَدائِيَّاتِ النَّوَاةِ) ذاتُ خَلايا مُخْتَلِفَةٍ تَمَامًا عَن خَلايا جَمِيعِ الكائناتِ الحيةِ الأخرى.

خلية عصبية

الخلايا النباتية

تختلف الخلية النباتية عن الخلية الحيوانية، أساساً، بأمرين مهمين - فهي مُحاطة، بالإضافة إلى الغشاء البلازمي، بجدار جاسي من السليولوز، كما تحوي عُضَيَات تُدعى جُيَلَات اليخضور تُكسبها لونها الأخضر. وتحتبس هذه الجيالات طاقة ضوء الشمس لتستخدمها الخلية في عملية التخليق الضوئي. معظم خلايا النبات تحوي أيضاً فجوات حبيبية

كبيرة تحتزن السُّع الخلوي الذي يضغط على جدران الخلية فتبقى مكنتزة مُحافضة على شكلها. فالنبات يذبل بِعَوَز الماء وفُتور ضَغْط السُّع (ضغط الاكتناز) على جدران الخلايا.



تفحص الخلايا

معظم الخلايا أصغر جداً من أن يرى بالعين المجردة، لذا يُستخدم البيولوجيون المجاهر لتفحصها. فبالمجهر الضوئي يمكن تكبير الأشياء بوضوح إلى حوالي ٢٠٠٠ مرة، وتستخدم أصابع، أو إنارة خاصة، لإبراز أجزاء الخلية المختلفة. أما المجهر الإلكتروني فيمكنه تكبير الأشياء أكثر من مليون مرة، لكنه لا يُستخدم عادة في تفحص عَيَنَات حَيَّة. هذا وتبدو الصورة في مجهر المسح (التفرس) الإلكتروني مُجَسِّمة ثلاثية الأبعاد تقريباً.

صورة مجهرية ضوئية لخلايا كبدية مكبرة ٥٦ مرة. وقد جرى صبغ الخلايا لتيسير رؤيتها. وحيث إن النوى أشد امتصاصاً للصبغ فلإنها تبدو أغمق لونها.

صورة مجهرية إلكترونية لخلايا كبدية مكبرة ٩٠ مرة ومُلَوَّنة اصطناعياً. درجة التكبير في المجهر الإلكتروني يمكن أن تكون قليلة أو كبيرة جداً.

صورة مجهرية ضوئية لاليف عضلية مكبرة ١٤٠ مرة. يمكن مشاهدة النوى المتعددة وكذلك بعض التخطيط المميز للعضلات التي تشد العظام.

صورة مجهرية إلكترونية مُلَوَّنة اصطناعياً للليفة عضلية مُفَرَّدَة، مكبرة ١٩٤٠ مرة. تتألف الليفة من لِيَفَات مُتَوَازِيَة عديدة، يُلَاحَظ قُطْرُ اللَّيْفَةِ منها $\frac{1}{3}$ من المليمتر.

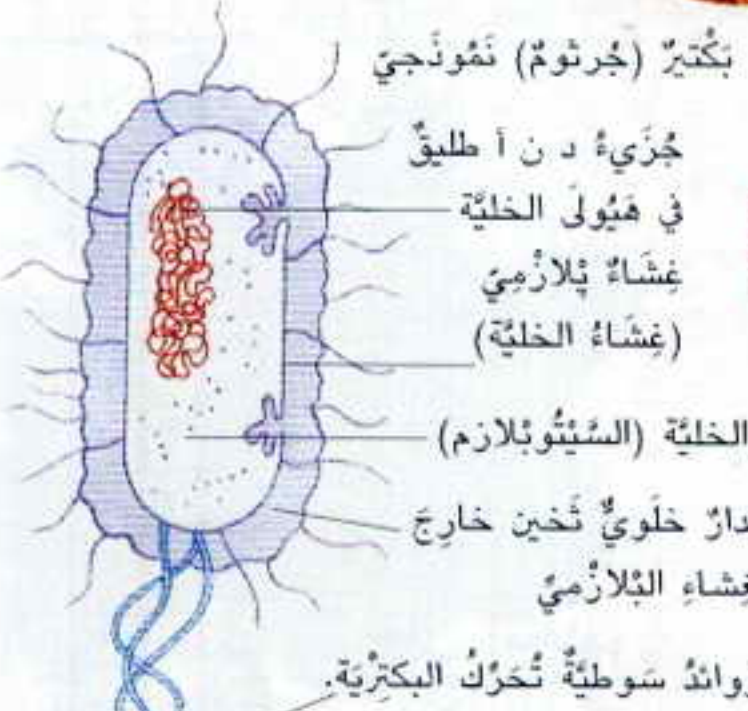


بنية جدار الخلية

تتألف جدران الخلايا النباتية من مادة مَبْنِيَة تُدعى السليولوز. فتصنع الخلية أليافاً دقيقة من هذه المادة، بانية إياها في طبقات متصالية خارج الغشاء البلازمي، لتؤلف غِلافاً صندوقيّاً جاسيّاً حولها. وبدون هذه الجدران الخلوية السليولوزية الممتنة، كانت معظم النباتات تسوخ إلى كتل رخوة خضراء.

صورة مجهرية ضوئية للبكتيريا الملبنة في اللبن الرائب. وهي مُنارة بضوء أخضر ومكبرة ٤٠٠ مرة.

صورة مجهرية بالمسح الإلكتروني (التفرس) للبكتيريا الملبنة مكبرة ١٠٠٠ مرة. المجاهر الإلكترونية تُنتِج صوراً بالأسود والأبيض، أما الصورة هنا، فقد لُوِّثَتْ اصطناعياً بالحاسوب.

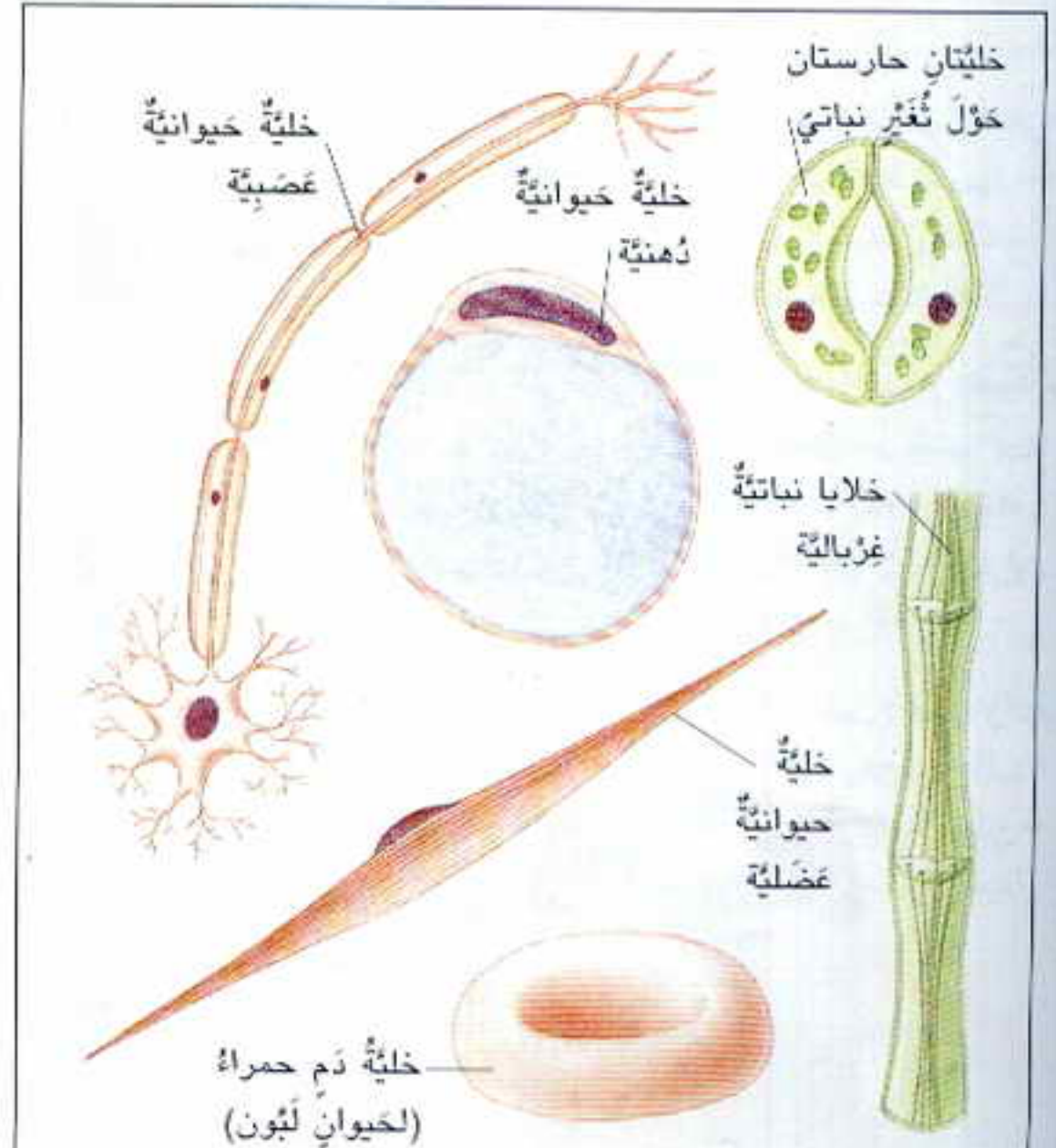


الخلايا البدائية

خلايا البكتيريا والمُتَعَصِّيات الصُّغَرِيَّة الأخرى لا تحوي نوى ولا مُتَقَدَّرَات، وتُدعى بِدَائِيَّات النوى. أما باقي الخلايا الأخرى، كخلايا النبات والحيوان، فتحوي نوى، وتُدعى سَوِيَّات أو حَقِيقَات النوى، وهي أكثر شُبوْعاً.

لمزيد من المعلومات انظر

العلماء - كيف وماذا يعملون ص ١٤
الإبصار ص ٢٠٤
المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
الجراثيم (البكتيريا) ص ٣١٣
التخليق الضوئي ص ٣٤٠
التنفس الخلوي ص ٣٤٦



أشكال مختلفة لوظائف مختلفة

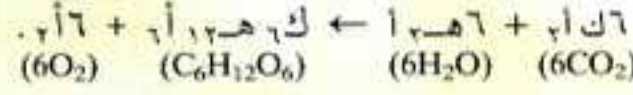
الخلايا المختلفة النمط في النبات والحيوان هي خلايا مُتَخَصِّصَة لِلقِيَام بِوُظُفَةٍ مُحدَّدة. فالخلايا الدهنية تحتزن الدهن كنسيج دهني، أو ليحين الحاجة إلى دهن للطاقة. والخلايا العصبية تنقل الرسائل من أحد أجزاء الجسم إلى جزء آخر، والخلايا العضلية تنقل لتتحرك أحد أجزاء الجسم. وتنقل خلايا الدم الحمر الأكسجين في الحيوان، كما تنقل الخلايا الغشائية المُغَذِّيَّات في النبات. وبخلاف معظم الخلايا الأخرى، فهذان النوعان من الخلايا عديمي النواة. وتواجه الخلايا الحارسة في سطح ورقة النبات وتحكم بالثغرات لضبط التنفس والتنفيس، وهي تحوي أيضاً جُيَلَات اليخضور لاستخدام طاقة الشمس في التخليق الضوئي.

التَّخْلِيْقُ الضَّوْئِيّ

نحنُ لا يُمكنُنَا تخليقُ الغذاءِ بِمَجَرَّدِ التَّعَرُّضِ لِنُورِ الشَّمْسِ كما تفعلُ النباتاتُ. فخلالَ عمليةِ التخليقِ الضوئيّ تَسْتَمِدُّ النباتاتُ الطَّاقَةَ من شَعِّ الشَّمْسِ لِتَسْتَخْدِمَهَا في تحويلِ الماءِ وثاني أكسيد الكربونِ إلى سُكَّرٍ بَسِيطٍ يُدْعَى الغلوكوزُ. وهي تَسْتَهْلِكُ قِسْماً من هَذَا الغلوكوزِ في أنشِطَةِ خَلايَاها، وَتَحَوِّلُ الباقِي إلى مَوَادٍّ أُخْرَى كَالنَّشَاءِ وَالسُّلُولُوزِ. والنباتاتُ لَيْسَتْ الكائناتُ الحيةُ الوحيدةُ التي تقومُ بِعَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ، فبَعْضُ الأواليِ وَبُدَائِيَّاتِ النَّوَى (المُونِيرَا) تُخَلِّقُ الغذاءَ بِهذهِ الطَّريقةِ أَيْضاً.



في عمليةِ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيّ تُفَاعِلُ الأوراقُ الماءَ وَثاني أكسيد الكربونِ وَتُنتِجُ الغلوكوزَ وَالأكْسِجِنَ، حسبَ المُعادلةِ الكيماويَّةِ التَّالِيَةِ:

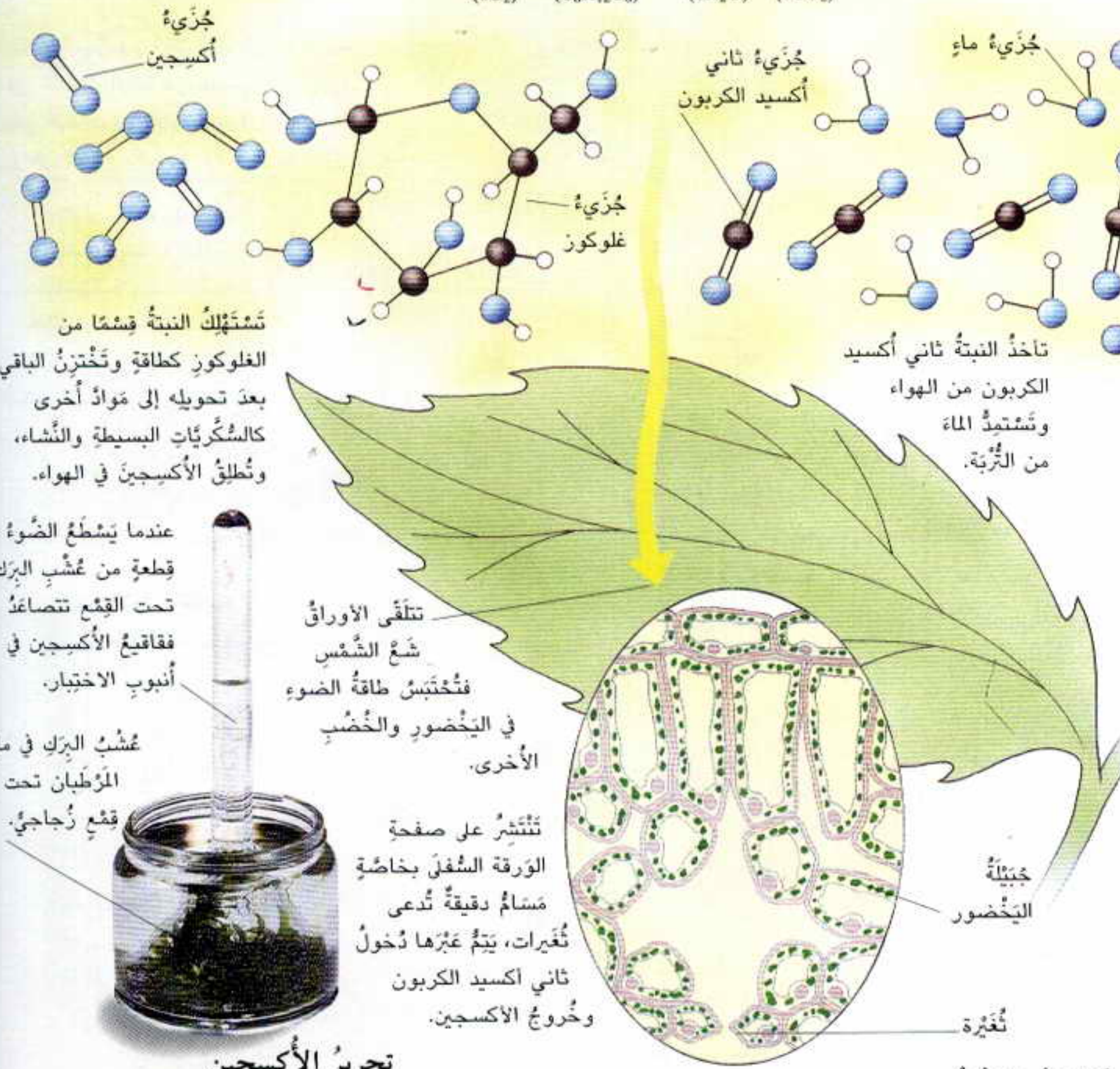


لماذا أوراقُ النَّبَاتِ في مُعْظَمِها خَضراءُ؟

يتألَّفُ ضَوْءُ الشَّمْسِ من ألوانٍ مُتَعَدِّدةٍ. وغالبيةُ النباتاتِ تحوي خَضْباً أخضرَ، يُدْعَى اليَخْضُورَ (الكلوروفيل)، يَعْكِسُ الجُزْءَ الأخضرَ من الضَّوءِ، فتراها خَضراءُ. وَيَمْتَصُّ اليَخْضُورُ الجُزْأَيْنِ الأزرقِ والأحمرَ وَيُسْتَخْدِمُهُما في عَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ. وهُنالكُ نباتاتٌ، كالزَّائِنِ النُّحاسيِّ أو الأَرْجَوَانِيّ اللَّوْنِ المُبِينِ في الحَرَجَةِ أعلاه، وكالأعشابِ البَحْرِيَّةِ الحمراء والبَيْضَةِ، تَسْتَخْدِمُ بالإضافة إلى اليَخْضُورِ، خَضْباً أُخْرَى تَمْتَصُّ ألواناً أُخْرَى من الضَّوءِ فلا تَبْدُو خَضراءُ.

كِيْماءُ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيّ

تَبْدُو عَمَلِيَّةُ التَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيّ في الأوراقِ حيثُ يَحوي العَدِيدُ من خَلايَاها عُضَيَّاتٍ دَقِيقَةً تُدْعَى جَبَيْلَاتِ اليَخْضُورِ. يَحْتَسِبُ اليَخْضُورُ وَالخَضْبُ الأُخْرَى، في الجَبَيْلَاتِ، طاقَةَ شَعِّ الشَّمْسِ لِتَسْخِيرِها في إتمامِ سِلْسِلَةٍ مُعَقَّدَةٍ من التَّفاعُلاتِ الكيماويَّةِ. في هذه التَّفاعُلاتِ تَتَحَلَّلُ جُزْأِيَّاتُ الماءِ إلى ذَرَّاتٍ من الهيدروجينِ وَالأكْسِجِنِ؛ فَتُجَدُّ ذَرَّاتُ الهيدروجينِ بِجُزْأِيَّاتِ ثاني أكسيد الكربونِ لِتُنتِجَ الغلوكوزَ، وَيُطْلَقُ الأكْسِجِنُ حُرّاً كَناتِجٍ ثانويّ.



تَحْرِيرُ الأكْسِجِنِ

لا يُمكنُنَا مُشاهَدَةُ الأكْسِجِنِ الذي تُطْلِقُهُ النباتاتُ في الظروفِ العادِيَّةِ. لَكِنْ أَثناءَ عَمَلِيَّةِ التخليقِ الضوئيّ في النَّبَاتاتِ المائيَّةِ، تَتكوَّنُ فقائِعُ الأكْسِجِنِ أحياناً على سَطُوحِ الأوراقِ. أمّا ثاني أكسيد الكربونِ فَتَحْصُلُ عليه هذه النباتاتُ من المُذابِ مِنْهُ في الماءِ.



يَنْتَشِرُ اليَخْضُورُ على سَطُوحِ الاقراصِ.

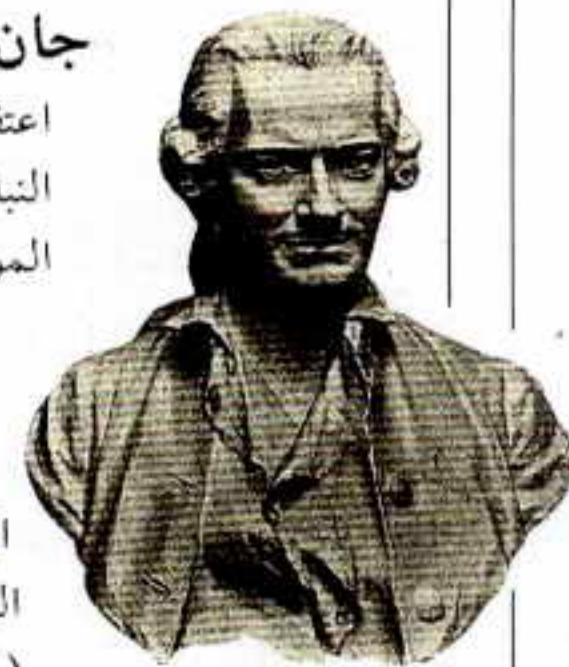
أوراقُ الخريفِ

في الخريفِ، يَنْحَلُّ اليَخْضُورُ في أوراقِ الكَثِيرِ من الشَّجَرِ (نُسَمِّيها المُعْبِلَةَ) فَتَلَوَّنُ حينئِذٍ بألوانٍ أُخْرَى باقِيَةٍ فيها كَالخَضْبِ الجَزْرانيَّةِ التي تجعلُ الجَزَرَ بُوْتالِيّاً، أو الأَنْثُوسِيانِيَّةِ، التي تجعلُ بَعْضَ التَفاحِ أَحْمَرَ.



جان إنجنهورز

اعتقدَ الناسُ سائِلاً أَنْ نُمُوَّ النباتاتِ يَتِمُّ بِأَمْتِصاصِ المَوادِّ من التُّرْبَةِ فَقَط. ثُمَّ تَبَيَّنَ في القَرْنِ الثَّامِنِ عَشَرَ أَنَّها تَحْتَاجُ إلى هَوَاءٍ أَيْضاً. فَقَدْ اكْتَشَفَ العالِمُ الهولَنْدِيّ، جان إنجنهورز (1730-1799)، أَنَّ



النباتاتُ، في نورِ الشَّمْسِ، تَأْخُذُ ثاني أكسيد الكربونِ من الهَوَاءِ وَتَلْفِظُ الأكْسِجِنَ. كما وَجَدَ أَنَّ مَسارَ هُذَيْنِ الغازَيْنِ يَنْعَكِسُ في الظُّلْمَةِ (نَتِيجَةُ لِعَمَلِيَّةِ التَّنَفُّسِ المُسْتَمْرَةِ).

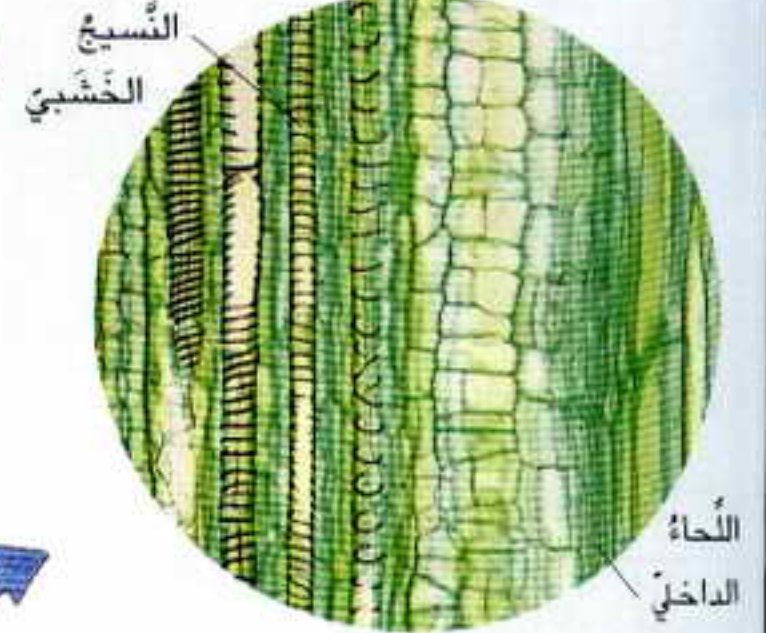
لَمزيد من المعلومات انظر

- توصيفُ التَّفاعُلاتِ ص ٥٣
- الضَّوءُ ص ١٩٠
- الألوانُ ص ٢٠٢
- الهَضْمُ ص ٣٤٥
- التَّنَفُّسُ الخَلَوِيّ ص ٣٤٦
- النُّمُوُّ وَمَراحِلُهُ ص ٣٦٢

نظام النقل في النبات

إذا أغفلت تزويد نبتة منزلية بالماء، فإنها تذبل وتموت. ويحدث ذلك لأن النباتات تحتاج إلى الماء لتعيش. يسري الماء صعداً عبر جذور النبتة وسوقها وأغصانها، ويتبخر في الهواء بالنتح من أوراقها وأزهارها. وتعمل هذه الحركة على إبقاء خلايا النبتة مكتنزة، كما تحمل إلى عل المواد الغذائية المذابة من التربة. وفي النبات نظام نقل آخر يدعى "انتقال النسج الكامل" يعمل عادة في الاتجاه المعاكس، حاملاً المواد الغذائية من الأوراق إلى البراعم والعساليج والجذور.

يتبخر الماء من الورقة عبر مسام دقيقة تدعى ثغرات، تنتشر بخاصة على صفحتها السفلى.



نظام نقل في اتجاهين

ينتقل الماء صعداً في النبتة عبر خلايا النسج الخشبي الأسطوانية الشكل والمتصلة طرفاً بطرف. وعندما تموت تلك الخلايا تخلف وراءها أوعية أنبوبية دقيقة مملأة بالنسج الناقص تمتد من الجذور صعداً إلى كل ورقة. أما المواد الغذائية المذابة (النسج الكامل) فتنتقل عبر نظام من الأوعية الأنبوبية المختلفة تؤلفها خلايا اللحاء الداخلي.

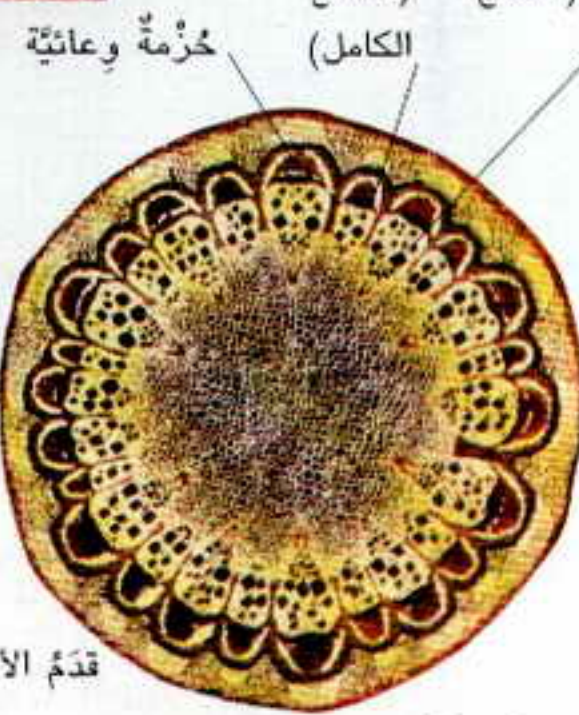
النتح

تفقد الشجرة الضخمة يومياً قرابة ألف لتر من الماء عبر أوراقها بالتبخر، فما الذي يدفع الماء صعداً لتعويض ذلك؟ الواقع أن الماء الصاعد يدفع ويجذب. فالجذور غالباً تدفع الماء صعداً إلى مدى قليل بما يدعى ضغط الجذور، كما إن الماء المتبخر من الأوراق يجذب مزيداً من الماء ليحل محله. ويحدث هذا في بعضه، لأن جزيئات الماء يجذب بعضها بعضاً، وفي بعضه الآخر بالضغط التناضحي (الأزموزي).



الاغتناء بالنسج

المانع السكري في خلايا اللحاء (الداخلي) يوفر غذاءً غنياً بالطاقة للحشرات ماصة النسج. فالأزق (حشرات المن) تنقب السوق وخلايا اللحاء الداخلي بأجزاء أفواهها الحادة، ثم تجرس النتر الشغبي. وأحياناً تجرس الأزقة من المادة السكرية أكثر مما يمكنها هضمه، فتفرزه قطرات لزجة تدعى عسل الأزق.



أنابيب النقل

خلايا النسج الخشبي واللحاء الداخلي تتضام معاً في مجموعات تدعى الحزم الوعائية - يكون النسج الخشبي من الداخل واللحاء من الخارج. وغالباً ما تكون خلايا النسج الخشبي مقواة مما يبقئ الأنابيب مفتوحة لانتقال السوائل صعداً بسهولة.

الإذماغ (النضح)

أحياناً في النباتات الخفيفة (اللاطنة)، يضخ الماء صعداً من الجذور بسرعة تفوق سرعة نتجه من الأوراق. فتكون نتيجة لذلك قطرات ماء حول أطراف الورقة لأن الماء لم يتبخر بسرعة كافية. ويعرف هذا بالنضح أو الإذماغ النباتي. ويحدث الإذماغ غالباً بعد العتمة شرط أن يكون الهواء ساكناً ورطباً.



التناضح

إذا وضعت عسقول بطاطا مقشوراً في ماء مالح جداً، فسيسقط الماء من خلايا البطاطا إلى الخارج. أما إذا وضعت في الماء العادي، فخلايا البطاطا هي التي تمتص الماء حينئذ. إن سريان الماء إلى الخلايا أو منها يدعى التناضح. وفي عملية التناضح يسري الماء عبر غشاء نصف منفذ من الجانب الذي يحوي نسبة أعلى من جزيئات الماء إلى الجانب الذي يحوي نسبة أخفض من جزيئات الماء (وبالتالي مواد مذابة أكثر).



مُشاهدة النتح

يمكنك معاينة النتح عملياً بوضع ضلع مورق من الكرّفس في إناء لُون ماؤه بصيغٍ أطعميةٍ أحمر. فمع تبخر الماء من الأوراق يصعد الماء في الضلع حاملاً الصيغ معه. وهذا دليل بين على أن الماء ينتقل عبر أنابيب دقيقة هي خلايا النسج الخشبي.

لمزيد من المعلومات انظر

- النظرية الحركية ص ٥٠
- الألوان ص ٢٠٢
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التكاثر اللاجنسي ص ٣٦٦

التغذية

كُلُّ كائِنٍ حَيٍّ يَحْتَاجُ إِلَى الْمُغَذِّياتِ (الموادَّ الأوليّة) لِيَعِيشَ. وَالتَّغْذِيَةُ هِيَ وَسِيلَةُ الْحُصُولِ عَلَى تِلْكَ الْمَوَادِّ وَاسْتِخْدَامِهَا كَمَا يَنْبَغِي. وَالْإِنْسَانُ، كَسَائِرِ الْحَيَوَانَاتِ الْآخَرَى، غَيْرِي الْإِغْتِذَاءِ، إِذْ يَحْصُلُ عَلَى الْمُغَذِّياتِ بِتَنَاوُلِ الْأَطْعَمَةِ الْعُضْوِيَّةِ مُرَكَّبَةٍ. وَتَحْوِي الْأَطْعَمَةُ الْمَخْتَلِفَةُ ثَلَاثَةَ أَنْوَاعٍ رَئِيسِيَّةٍ مِنَ الْمُغَذِّياتِ هِيَ الْبَرُوتِينَاتِ وَالذُّهُونَ وَالْكَرْبُوهِدْرَاتَاتِ. فَالْبَرُوتِينَاتُ تَبْنِي أَجْسَامَنَا وَتُرْمَمُ مَا يَتَلَفُ مِنْ أَنْسِجَتِهَا، أَمَّا الذُّهُونُ وَالْكَرْبُوهِدْرَاتَاتُ فَتُسْتَخْدَمُ أَسَاسًا لِتَوْفِيرِ الطَّاقَةِ. كَذَلِكَ نَحْتَاجُ إِلَى مُغَذِّياتٍ أُخْرَى، لَكِنْ بِمَقَادِيرٍ أَقَلِّ، كَالْمَعَادِنِ الَّتِي تَبْنِي جُزْئِيَّاتٍ مُهِمَّةً فِي الْجِسْمِ، وَالْفَيْتَامِينَاتِ الَّتِي تَحْفِزُ تَفَاعُلَاتٍ كِيمَاوِيَّةً مُعَيَّنَةً. أَمَّا النَّبَاتَاتُ فَمُخْتَلِفَةُ طَرِيقَةِ الْعِيشِ تَمَامًا، فَهِيَ ذَاتِيَّةُ الْإِغْتِذَاءِ تَقُومُ بِتَصْنِيعِ غِذَائِهَا بِنَفْسِهَا، وَلَا تَحْتَاجُ فِي ذَلِكَ إِلَّا إِلَى مُغَذِّياتٍ بَسِيطَةٍ كَثَانِي أُكْسِيدَ الْكَرْبُونِ مِنَ الْهَوَاءِ، وَالْمَاءِ وَالْأَمْلاحِ الْمَعْدِنِيَّةِ مِنَ التُّرْبَةِ.



الغذاء المتوازن

التَّغْذِيَةُ الْجَيِّدَةُ تُعْنِي تَنَاوُلَ الْغِذَاءِ الصَّحِيحِ بِالنَّسَبِ الصَّحِيحَةِ. فِي الْقَبْطِيِّ أَعْلَاهُ، وَجِبَةُ تَشْمَلُ أَصْنَافَ أَطْعَمَةٍ مُخْتَلِفَةٍ تُوفِّرُ تَوَازُنًا مِنَ الْبَرُوتِينَاتِ وَالذُّهُونَ وَالْكَرْبُوهِدْرَاتَاتِ، كَمَا تَحْوِي مَدَى شَامِلًا مِنَ الْمَعَادِنِ وَالْفَيْتَامِينَاتِ. إِنَّهُ مِنَ الْمُهِّمِّ جَدًّا تَنَاوُلَ تَشْكِيلِيَّةٍ شَامِلَةٍ مِنَ الْأَطْعَمَةِ، بِدَلِّ الْأَطْعَمَةِ "الْخَفِيفَةِ" كَالْمَقْلُوباتِ الْقَرَشَةِ، الَّتِي تُوفِّرُ غَالِبًا الذُّهُونَ وَالْكَرْبُوهِدْرَاتَاتِ دُونَ سِوَاهَا.



سوء التغذية

إِذَا فَقَدَ غِذَاءُ الْحَيَوَانِ نَوْعًا مُعَيَّنًا مِنَ الْمُغَذِّياتِ تَنَحَرَفُ صِحَّتُهُ لِسُوءِ التَّغْذِيَةِ، وَقَدْ يُعَانِي مِنْ "دَاءِ الْعَوَزِ". فِي بَعْضِ أَقْطَارِ الْعَالَمِ، يُعَانِي الْأَطْفَالُ مِنَ الْكَوَاشِرْكَورِ السَّعْلِيِّ، وَهُوَ عَوَازٌ (دَاءُ عَوَزِي) سَبَبُهُ نَقْصُ الْبَرُوتِينَاتِ. وَالنَّبَاتَاتُ أَيْضًا تَسُوءُ حَالُهَا إِذَا افْتَقَرَتِ التُّرْبَةُ إِلَى بَعْضِ الْمَعَادِنِ الْمُهِّمَةِ. أَوْرَاقُ الْكَرْزِ الْمُبِينَةُ أَعْلَاهُ، تُعَانِي مِنَ عَوَزِ الْمَغْنِيسِيُومِ.

الطُّيُورُ الطَّنَانَةُ تُوفِّرُ طَاقَةَ النَّحْوَامِ وَالْإِسْتِقْرَارَ أَمَامَ الْأَزْهَارِ مِنَ الرَّحِيقِ الْمُغْتَرِي الْعَنِيِّ بِالسُّكَّرِيَّاتِ، لَكِنْ الرَّحِيقُ فَقِيرٌ بِالْبَرُوتِينِ، إِذَا تَعَزَّرَتْ الطَّنَانَاتُ بِالْبَهَامِ بَعْضُ الْخَشَرَاتِ أَيْضًا.

شُرْفَةُ (أَسْرُوع) الْفَرَّاشَةِ الْمَفْرُوقَةِ الذِّلِّ (بَابِيلِيُومَ مَآكَوْن) تَكَادُ لَا تَتَوَقَّفُ عَنِ الْأَكْلِ مَا دَامَتْ يَبْقِظَةُ.



مِنْقَارُ الطَّنَانِ طَوِيلٌ أَنْبُوبِي الشَّكْلِ كَقَشَّةِ الشَّرْبِ.

النظام الغذائي

النَّظَامُ الْغِذَائِيُّ، بِالنَّسَبَةِ لِلْعَالَمِ، لَا عِلَاقَةَ لَهُ بِالْجَمِيَّةِ وَتَخْفِيفِ الْوِزْنِ، بَلْ هُوَ مُجْمَلُ مَا يَتَنَاوَلُهُ الْحَيَوَانُ مِنَ الطَّعَامِ. بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ مُتَنَوِّعُ الطَّعَامِ، وَبَعْضُهُ أَنْتِقَانِي مُتَخَصِّصٌ. فَالطَّنَانُ الْبَالِغُ، مَثَلًا، يَقْتَاتُ أَسَاسًا بِبَغْيَرِ (رَحِيقِ) الزَّهْرِ، وَهُوَ سَائِلُ سَكَّرِيٌّ غَنِيٌّ بِالْكَرْبُوهِدْرَاتَاتِ وَمُضْدَرٌّ جَيِّدٌ لِلطَّاقَةِ.

العاشبات

ضُرُوبٌ كَثِيرَةٌ مِنَ الْحَيَوَانِ، مِنَ الْأَسَارِيعِ حَتَّى الْفَيْلَةِ، تَقْتَاتُ بِالْأَغْذِيَةِ النَّبَاتِيَّةِ فَقَطْ، وَتُعْرَفُ بِالْعَاشِبَاتِ. لَكِنْ هَذَا الطَّعَامُ يَفْتَقِرُ غَالِبًا إِلَى الْمُغَذِّياتِ. إِذَا تَقَضَّى الْعَاشِبَاتُ قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ حَيَاتِهَا فِي الْأَكْلِ لِلْحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الطَّاقَةِ وَالْمُغَذِّياتِ. بَعْضُ الْعَاشِبَاتِ، كَالْجَمَالِ، يَحْوِي جِهَازَهَا الْهَضْمِيَّ نَوْعًا مِنَ الْبَكْتِيرِيَا يُسَاعِدُهَا فِي تَحْلِيلِ الطَّعَامِ لِاسْتِخْلَاصِ الْمُغَذِّياتِ مِنْهُ.

اللاحمات

سَمَكَةُ الْكَرَاكِي مِنَ اللَّوْاجِمِ - الَّتِي تُغْتَذِي بِالْحَيَوَانَاتِ الْآخَرَى. فَطْعَامُهَا غَنِيٌّ بِالْمُغَذِّياتِ، لِذَلِكَ تَكْفِيهَا الْوَجْبَةُ الْوَاحِدَةُ مِنْهُ وَقَتًا طَوِيلًا. لَكِنْ هَذَا النُّوعُ مِنَ الطَّعَامِ لَيْسَ سَهْلَ الْمَآئِ، فَتَبْدُلُ السَّمَكَةُ غَالِبًا، كَمَا سَائِرُ اللَّوْاجِمِ، طَاقَةً وَجْهًا وَوَقْتًا طَوِيلًا لِإِجَادِ الْوَجْبَةِ مِنَ الطَّعَامِ وَاقْتِنَاصِهَا.

القوارت

الرَّكَوْنُ وَالذُّبُّ وَالْإِنْسَانُ مِنَ الْقَوَارِتِ الَّتِي تُغْتَذِي بِالْأَطْعَمَةِ النَّبَاتِيَّةِ وَالْحَيَوَانِيَّةِ. وَالْقَوَارِتُ لَيْسَتْ مُتَشَدِّدَةً فِي انْتِقَاءِ طَعَامِهَا - لِذَا يَتَيَسَّرُ لَهَا عَادَةً إِيجَادُ مَا تَأْكُلُهُ. وَيَسْتَطِيعُ الرَّكَوْنُ بِخَاصَّةِ الْإِقْتِيَّاتِ بِفَضْلَاتِ أَطْعَمَةِ الْإِنْسَانِ.

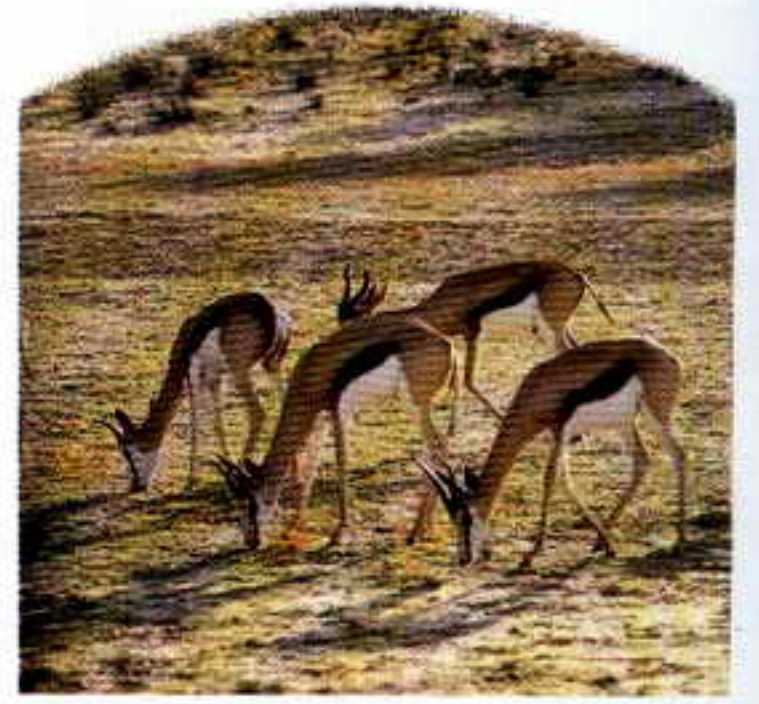


لمزيد من المعلومات انظر

- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- المفصليات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الاغذية ص ٣٤٣
- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- الهضم ص ٣٤٥
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

الاغْتِذاء

في العُصُورِ الغَابِرة، كان الناسُ يَحْصُلُون على قُوَّتِهِمْ بِجَمْعِ البُزُورِ والشَّمارِ وَصَيْدِ الحَيَواناتِ. أمَّا اليَومَ فمُعْظَمُ طَعَامِنَا يُنتَجُ في المَزارعِ على اِختِلافِها؛ وَبَدَلُ أَنْ نَجْمَعَهُ بَأَنْفُسِنَا، يَقُومُ أَهْلُ الحَضَرِ وَسُكَّانُ المُدُنِ مِنَّا بِشِرائِهِ مِنَ الحِوانِيتِ. غَيْرَ أَنَّ ذَلِكَ مُخْتَلِفٌ جَدًّا في العالَمِ الطَبِيعِيِّ؛ فَالحَيَواناتُ البريَّةُ تَقْضِي قِسْمًا كَبِيرًا مِنْ وَقْتِهَا في الاغْتِذاءِ أو في طَلَبِهِ سَالِكَةً سُبُلًا تَعْتَمِدُ على نَوعِ الطَّعامِ الَّذِي تَأْكُلُهُ. فَالعَاشِبَاتُ (أَكِلَاتُ النَبْتِ) عَمُومًا لَا تَبْحَثُ بَعِيدًا عَنِ طَعَامِهَا، لِأَنَّ النَبَاتَاتِ مُسْتَقَرَّةٌ في مَوَاقِعِهَا لَا تُفَارِقُهَا. أمَّا اللَّاحِمَاتُ (أَكِلَاتُ اللَّحْمِ) فَعَلِيهَا تَعَقُّبُ فَرَائِسِهَا وَقَنْصِهَا؛ لَكِنَّ بَعْضَ الحَيَواناتِ، كَالْبَرَنْقَلِ وَشُقَّقِ البَحْرِ، يَقْبَعُ في مَكَانٍ وَاحِدٍ وَيَنْتَظِرُ اقْتِرَابَ الغِذاءِ مِنْهُ.



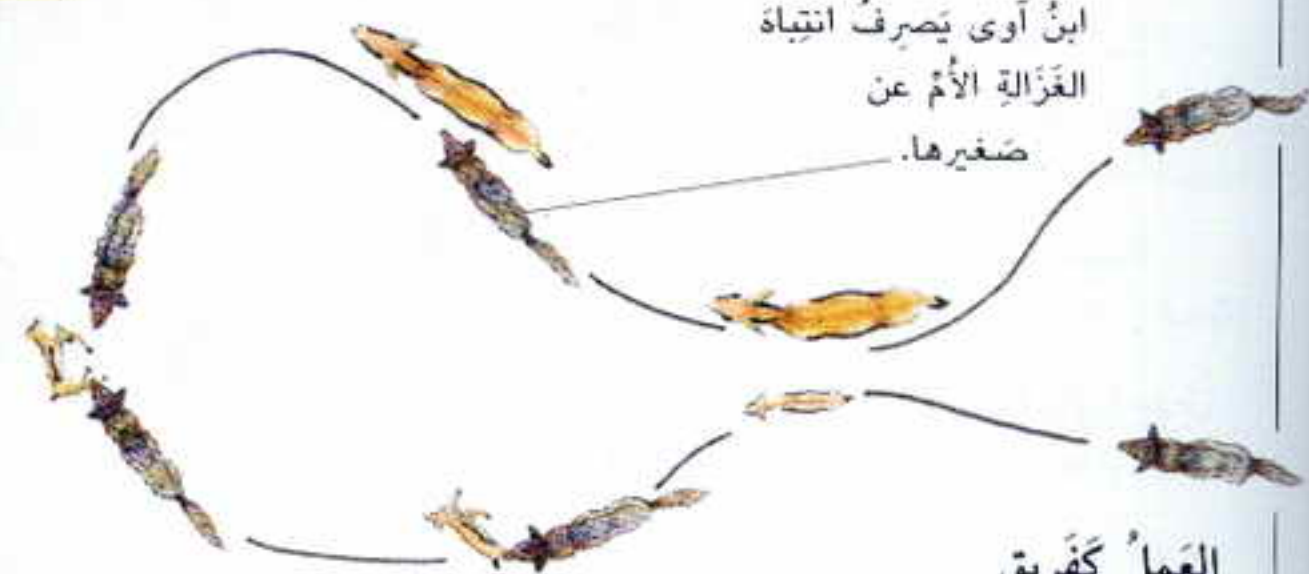
الأمان مع القطيع

تَعْتَدِي الغِزْلَانُ بالأعْشابِ في شَهْولِ إفريقيَّةِ الشَّاسِعَةِ المَكشُوفَةِ أَمَامَ أَعْدَانِهَا الكَثَرِ - حَيْثُ سَبِيلُهَا الدِّفاعِيّ الوَحِيدُ هو سُرْعَةُ العَدُوِّ هَرَبًا. لِذَا تَجِدُ الغِزْلَانُ أَمَانًا أَفْضَلَ بِالْعِيشِ قُطْعَانًا. فَبَيْنَمَا بَعْضُهَا يَرعى العُشْبَ، يَقُومُ البَعضُ الأَخرُ بِالمُراقَبَةِ الحَذِرَةِ نَحْسَبًا لِأَيِّ خَطَرٍ دَاهِمٍ.



المُفْتَرِسُ والفَرِيسَةُ

الرَّيَابَةُ القَرَمَةُ هي إِحدى أَصْغَرِ اللَّبوناتِ المُفْتَرِسَةِ حَجْمًا إِذْ لَا يَزِيدُ طُولُهَا، مِنَ الرَّاسِ إِلى طَرَفِ الذِيلِ، على ٧,٥ سم وَلَا يَزِيدُ وَزْنُهَا على ثَقُلِ مُكْعَبٍ مِنَ السُّكَّرِ. وَرُغْمَ حَجْمِهَا الضَّئِيلِ، فَهِيَ ضَارِيَةٌ شَرِسَةٌ تَقْنِصُ الخُرْطُونِ (دُودَةُ الأَرْضِ) بِأَسْنَانِهَا الحَادَّةِ وَتَبْدَأُ الاغْتِذاءَ بِهَا على الفُورِ. وَتَسْتَهْلِكُ الرَّيَابَةُ يَوْمِيًّا كَمِيَّةً طَعامٍ تُقَارِبُ وَزْنَهَا كَضرُورَةٍ حَيَاتِيَّةٍ. أمَّا الضُّواري اللَّبُونَةُ الأَكْبَرُ، فَتَأْكُلُ كَمِيَّاتٍ أَقْلَ نِسْبِيًّا، لِأَنَّ أَجْسَامَهَا تَسْتَهْلِكُ الطَّاقَةَ بِمُعْدَلٍ أَبطَأَ كَثِيرًا.



العمل كفريق

تَتَصَيَّدُ بَعْضُ الضُّواري فَرَائِسَها بِالعَمَلِ جَماعَةً كَفَرِيقٍ. هُنا أَحَدُ بَنَاتِ آوَى يُهاجِمُ الغَزَالَ الأمَّ، رُغْمَ أَنَّهُ لَا يَقْوَى عَلَيْهَا، لِيَصْرِفَ انْتِباهَها عَنِ صَغيرِها - في حين يَنْقَضُ ابْنُ آوَى الأَخرُ على الصَغيرِ وَيَقْنِصُهُ. وَهَكَذَا يَنْجَحان مَعًا في الحَصُولِ على وَجِيعٍ ما كان يَسْتَطِيعُ وَاحِدُهُما الحَصُولَ عَلَيْها بِمُفْرَدِهِ.

الاغْتِذاء الارتشاحي

هَذِهِ الدُّودَةُ المُرُوحِيَّةُ (هَرُوثِيولا إِنْتِسِينُوم) تَعْتاشُ بِارتِشاحِ الجُسيماتِ الغِذائيَّةِ الدَّقِيقَةِ مِنَ المَاءِ. فَمَراوِخُها حَلَقَاتٌ مِنَ اللُّوَامِسِ تَحْتَسِبُ جُسيماتِ الطَّعامِ؛ فَتَدْفَعُها شَعِيرَاتٌ دَقِيقَةٌ نَحْوَ فَمِ الدُّودَةِ. هُنَاكَ حَيَواناتٌ مُخْتَلِفَةٌ كَثِيرَةٌ تَعْتاشُ بِارتِشاحِ الغِذاءِ، تَشْمَلُ الرُّخُويَّاتِ، كَالْمَحَارِ وَبَلَحِ البَحْرِ وَالإسْفَنْجِيَّاتِ وَالحَبَّارَاتِ الكَبِيرَةِ. وَتَقْضِي الحَيَواناتُ الصَغيرَةُ الارتِشاحِيَّةُ الاغْتِذاءَ عَادَةً حَيَاتِها البَالِغَةَ في مَكَانٍ وَاحِدٍ. أمَّا أَكْبَرُ الحَيَواناتِ الارتِشاحِيَّةِ التَّغْذِيَّةِ فَهِيَ الحَيَّتَانُ الَّتِي تَرْتَشِحُ غِذاءَها أَثناءَ السَّباحَةِ.



الاغْتِذاء بِفَضَلاتِ الطَّعامِ

عِدَّةٌ مِنَ الفُطَرِ المُخْتَلِفَةِ تَعْتَدِي بِالمَوادِّ الغِذائيَّةِ في هَذِهِ القِطْعَةِ مِنَ الخُبْزِ. وَهِيَ طَبْعًا لَا تَتَبَلَّغُ قِطْعَ الخُبْزِ كَامِلَةً، بَلْ تَمْتَصُّ مِنْها الكِيمَاوِيَّاتِ الغِذائيَّةِ بِواسِطَةِ كُتْلَةٍ مِنَ الخِيطانِ الدَّقِيقَةِ. وَهَذِهِ الفُطَرُ، كَمَا البَكْتِريَا، مُهِمَّةٌ جَدًّا لِأَنَّها تَعْمَلُ على تَفْكِيكِ وَاِنحِلالِ بَقَايَا المُتَعَضِّياتِ الحَيَّةِ بَعْدَ مَوْتِها، وَلِذلِكَ تُسَمَّى رَمَامَاتٍ. وَهُنَاكَ فُطَرٌ أُخَرى تَعْتاشُ وَتَنُمُو على المُتَعَضِّياتِ الحَيَّةِ، وَتُسَمَّى طُفَيْلِيَّاتٍ.



لَمزيد من المَعلوماتِ انظُرْ

- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- الفطريات ص ٣١٥
- قناديل البحر والشقائق البحرية ص ٣٢٠
- الرُّخُويَّاتِ ص ٣٢٤
- اللُّبوناتِ ص ٣٣٤
- الأسنان والفكان ص ٣٤٤
- النَّمُو ومَراحِلُهُ ص ٣٦٢
- السَّلايِلُ والشَبَكَاتِ الغِذائيَّةِ ص ٣٧٧
- حَفائِقُ وَمَعلوماتُ ص ٤٢٢

شَبَكَةٌ تَحْتَ مائِيَّةِ

تَعِيشُ يَرَقاناتُ الكاديس (الذُّبابَةُ الشَّعْرِيَّةُ الجَنائِحِيْنَ) في المِجاري النَهريَّةِ حَيْثُ يَرَحِفُ مُعْظَمُها بَحْثًا عَنِ الغِذاءِ. لَكِنَّ بَعْضًا مِنْها يَغْتَذِي بِأَسْلُوبٍ مُخْتَلِفٍ، فَتَنْصِبُ اليَرَقانَةُ شَبَكَةً حَرِيرِيَّةً تَقْبَعُ فِي عُنُقِها بِانْتِظارِ الحَيَواناتِ الصَغيرَةِ الَّتِي تَسوقُها المِياءُ إِلى الشَبَكَةِ فَتَأْكُلُها.



الأسنان والفكان



تقطيع الطعام

يستطيع الكلب بعضلات فكيه القوية قضم عظم العظام بأسنانه. وهو حين يأكل يحرك فكّه السفلي صعوداً ونزولاً كاليمص. في العاشبات، يتحرك الفك السفلي من جانب إلى آخر، كما صعوداً ونزولاً.



الأسنان القارضة

قواطع الكويبو، وهو قارض مائي، إزميلية الشكل دائمة النمو. وكل قاطعة منها تغطيها المينا من واجهتها الأمامية فقط، فيأكل جانبها الخلفي بسرعة أكثر تاركاً الحافة الأمامية حادة دوماً.



أسنان حادة

مازقة

القواطع

الانياب

لقمة

عظمية لإرساء عضلات الفك.

أسنان اللواحم

الكلب لاجم نموذجي - يفتات باللحم غالباً. له في مقدم فكيه أنياب طويلة تقيض الطعام، تليها نحو مؤخرة الفم أضراس حادة مازقة تسهل اللحم ليتمكن أبتلاعه.

قواطع ذاتية الشخد

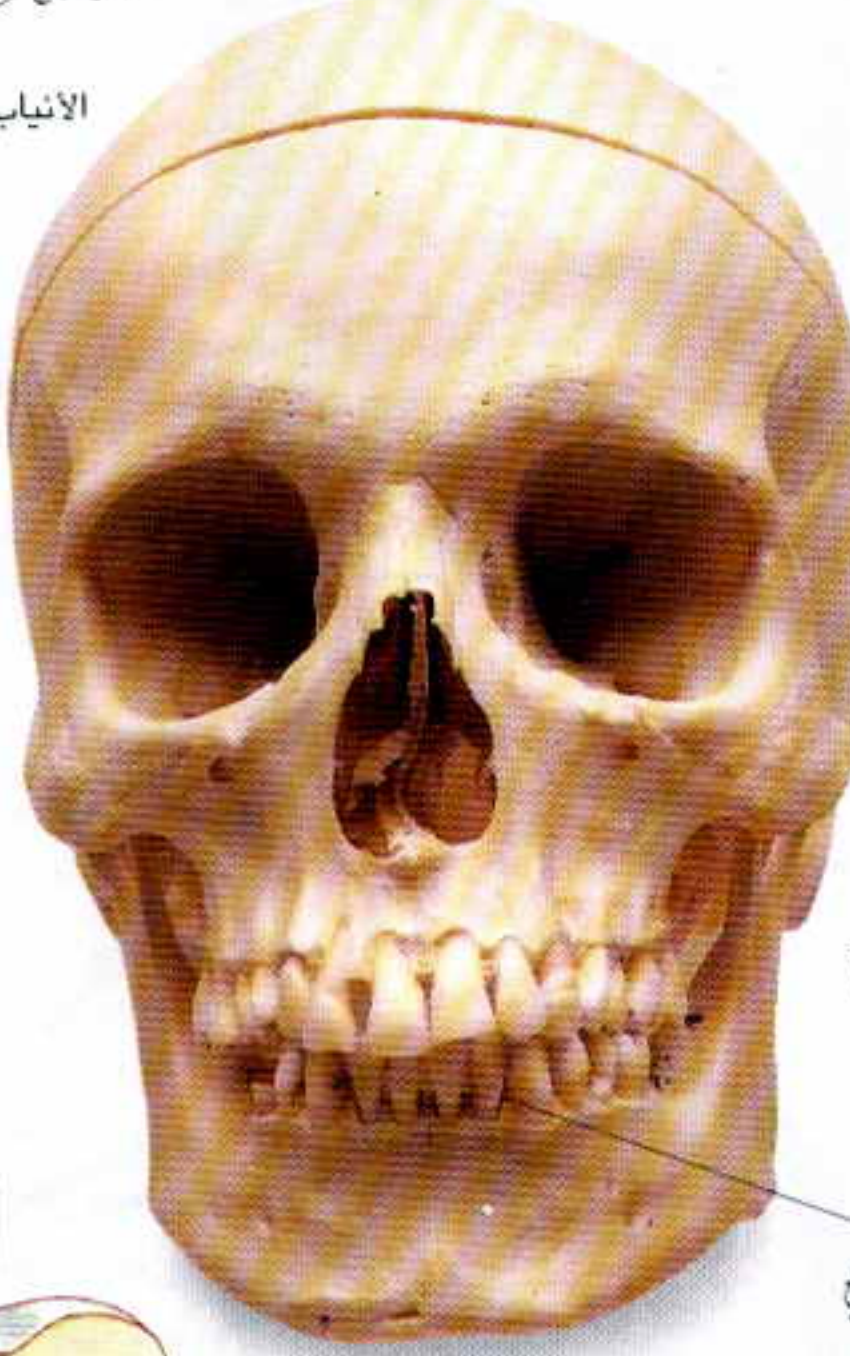
فجوة فكية

أسنان العاشبات

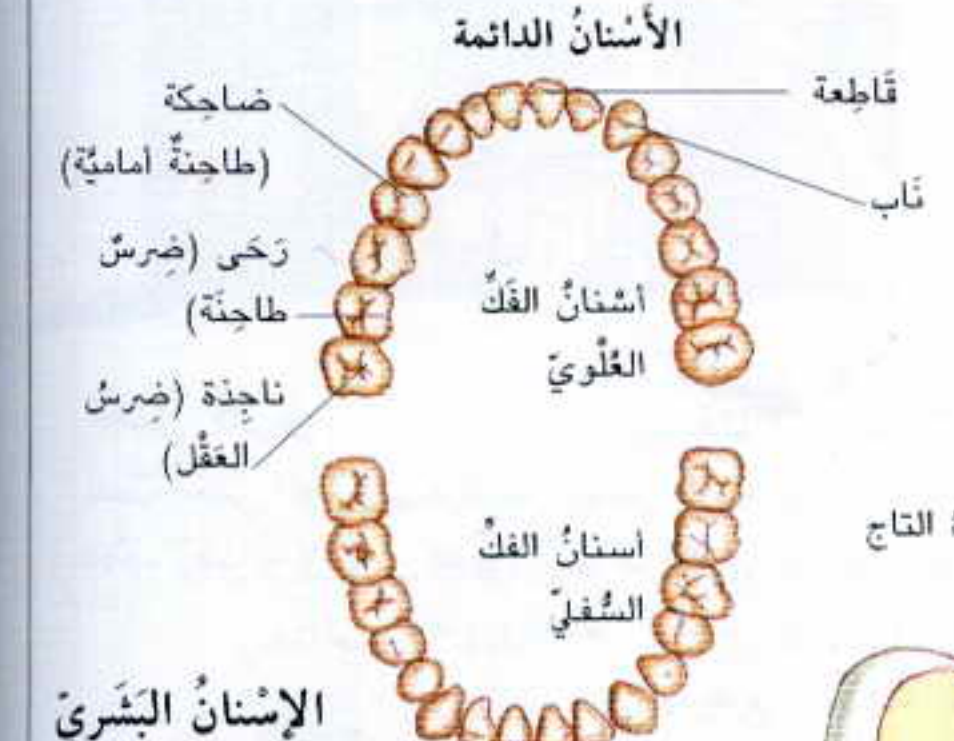
الكويبو عاشب نموذجي - يأكل الثبت فقط. قواطعه الطويلة تقطع سوق الثبت العاشية، وأضراره تطحنها، وتفصل بين هاتين المجموعتين من الأسنان فجوة فكية.

أسنان الإنسان

الإنسان من القوارت - التي تفتات بالثبت واللحم. فنحن نستخدم أسناننا الأمامية (القواطع) في قضم الطعام، وأنيابنا الصغيرة في قبضه، وأضراسنا (الطواجن) في طحنه وهرسه. وتشد الفك المتحرك (السفلي) صعوداً وجانبياً عضلات قوية تربطه بعظمي الوجنتين والضدعين. ويمكنك أثناء المضغ تحسس التوتر في هذه العضلات.



تنغرز الأسنان بتوافق في أسنانه فكية خاصة.



الأسنان الدائمة

قاطعة

ناب

ضاحكة (طاجنة أمامية)

زحى (ضرس طاجنة)

ناجدة (ضرس العقل)

أسنان الفك العلوي

أسنان الفك السفلي

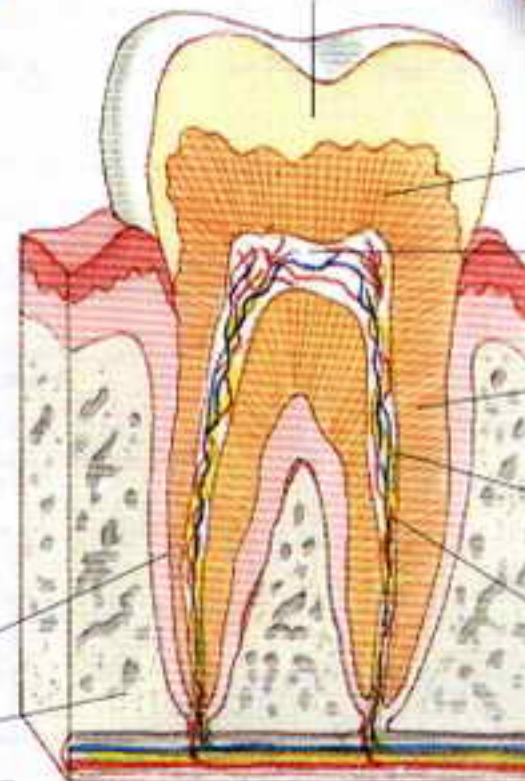
مينا التاج

الإنسان البشري

مجموعة الأسنان الأولى في الإنسان (الرواضع أو أسنان الحليب) تضم ثمان قواطع وأربع أنياب وثمان طواجن. أما المجموعة الثانية، المعروفة بالأسنان الدائمة، فعديدها ٣٢ سنناً عند معظم الناس؛ والثواجد (أضراس العقل) آخر ما يظهر منها، وهي قد لا تظهر مطلقاً عند بعضهم.

ملاط يتثبت الجذر في الفك.

عظم الفك



عاج السن

تجويف اللب

الجذر

وعاء دموي

عصب يتند على طول الاوعية الدموية.

باطن السن

الجزء الظاهر من السن، يقارب نصفه حجماً ويدعى التاج. وسطح السن مغطى بالمينا فوق طبقة من العاج الصلب. ويملاً قلب السن لب طري حي وأوعية دموية وعصب. وترسخ الأسنان في عظم الفك جذور طويلة وإسمنت خاص.

الأسنان البسيطة

ليست كل أسنان الحيوانات متخصصة كآسنان اللبونات. فآسنان الزواحف، كهذا التمساح، متماثلة وتدي الشكل، لا يمكنها مضغ الطعام. فهي تلجأ إلى دسر طعامها تحت جسم صلب قشره، وتبتلعه شققاً.



عديماث الأسنان

كثير من الحيوانات مجهزة بأجزاء فموية صلبة بدل الأسنان. فيرقانة السرمان (الرغاش) هذه تخطف فريستها "بقناع" متمفصل خاص، ينقذ لقنص الحيوانات العابرة. وللكثير من الحشرات العاشية (كالجنادب) حجرة معدية تظعن الطعام بعد بلعه.



لمزيد من المعلومات انظر

- المفصليات ص ٣٢٢
- الزواحف ص ٣٣٠
- اللبونات ص ٣٣٤
- الاغتداء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الهيكل الداعمة ص ٣٥٢

الهضم

في عملية الهضم، تتحلل المواد المعقدة التي تؤلف الطعام (من كربوهيدرات وبروتينات ودهون) إلى مركبات أبسط يمكن للجسم امتصاصها. ويبدأ الهضم حالما يبدأ بمضغه. وخلال مرور الطعام في المعدة ثم في المعى الدقيق، تعمل أنزيمات (بروتينات خاصة) مختلفة على هضم الكربوهيدرات والبروتينات والدهون. وتتمص منتجات الهضم عبر جدار المعى؛ وكل ما لا يهضم يتابع مساره في القناة الهضمية إلى خارج الجسم. إن عملية الهضم هي أولى الخطوات للحصول على الطاقة من الطعام.



الهضم الخارجي

العناكب ذات أفواه البغلة الصغرى، لذا فهي تهضم غذاءها قبل أبتلاعها. فعندما تقتبض العنكبوت حشرة، تحقنها بسائل أنزيماتي يخلل الأجزاء الطرية في جسد الحشرة، ثم تستعيد العنكبوت السائل والمغذيات بامتصاصها.

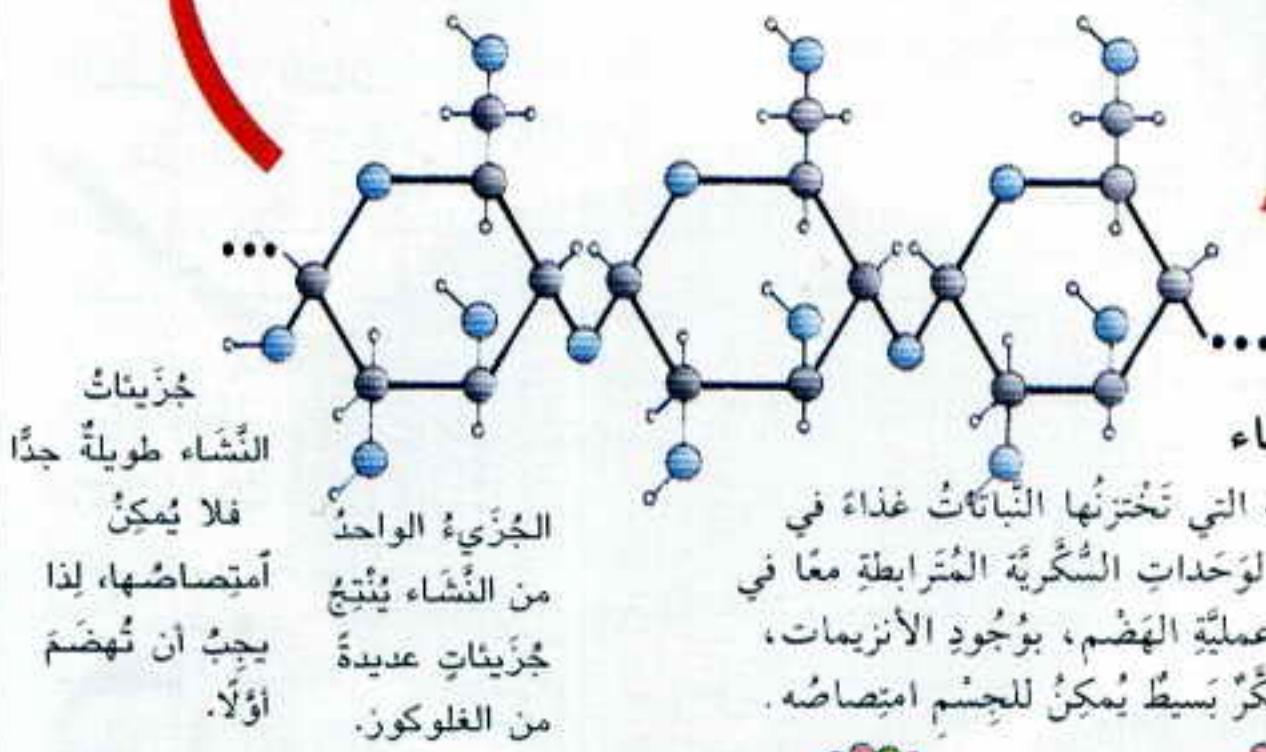
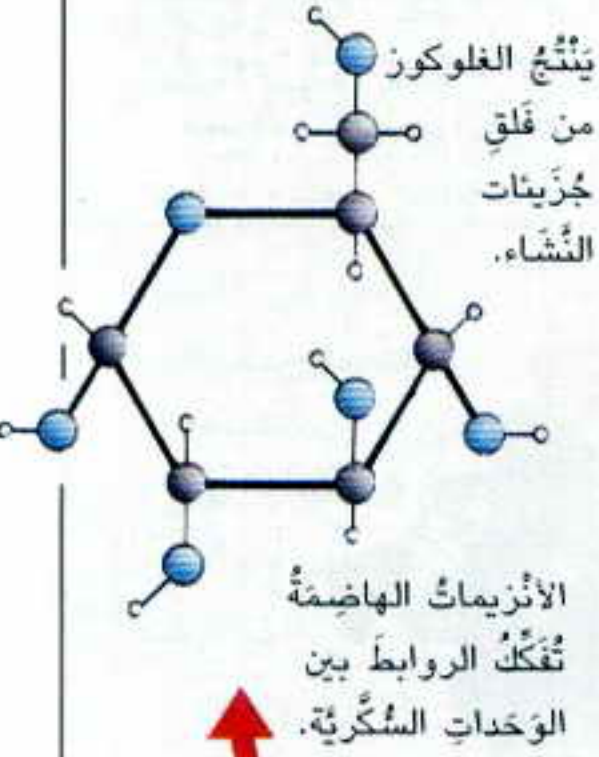
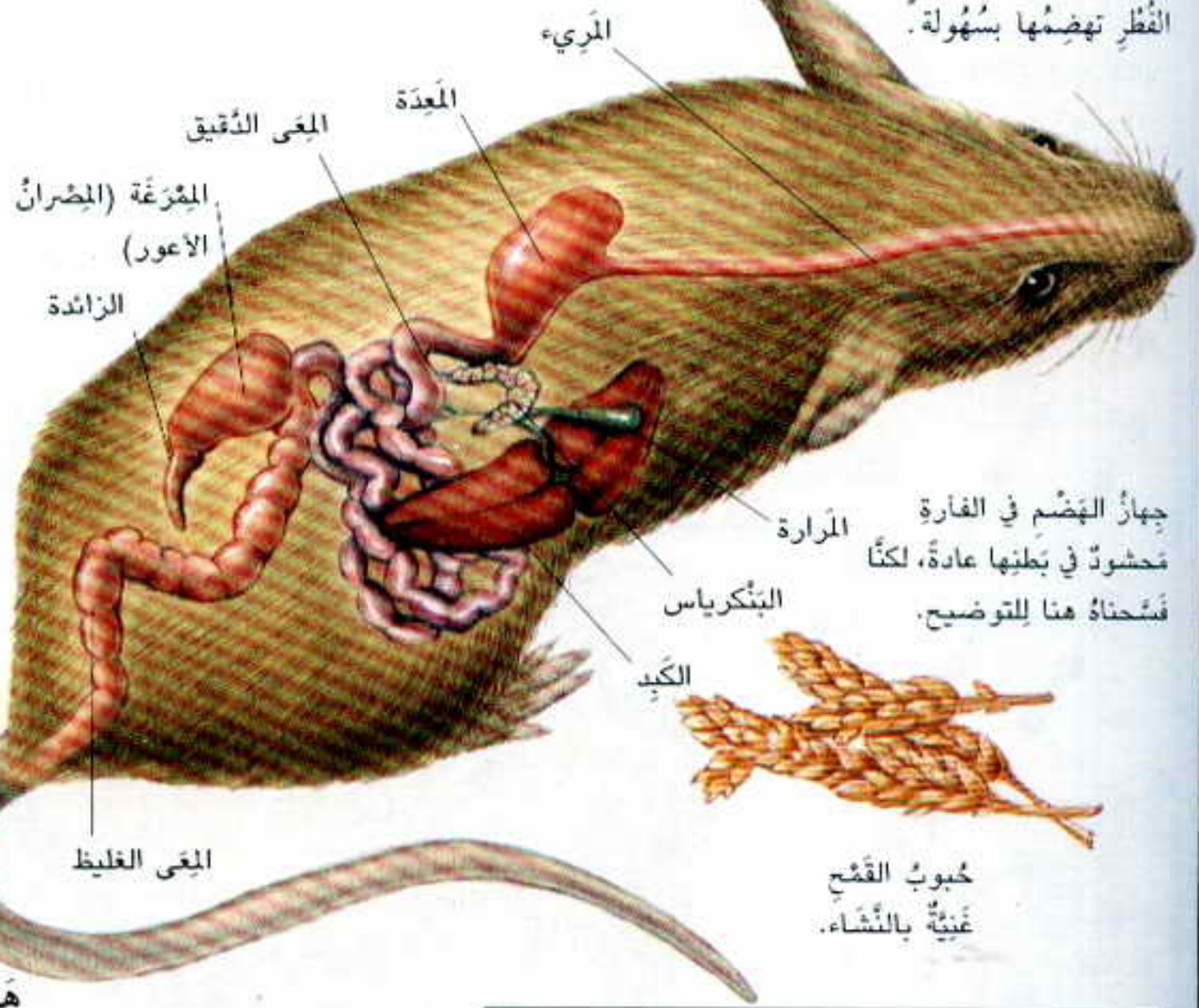


غذاء بالواسطة

لا تستطيع الأرض هضم سيلولوز النبات بنفسها، لذا تلجأ إلى فطر يهضمه لها. فتكسب قطعاً من ورق النبات تحت الأرض وتستخدمها لاستنبات الفطر الذي يهضم الغذاء النباتي ويمثله. ثم تقتات الأرض بقطع من الفطر تهضمها بسهولة.

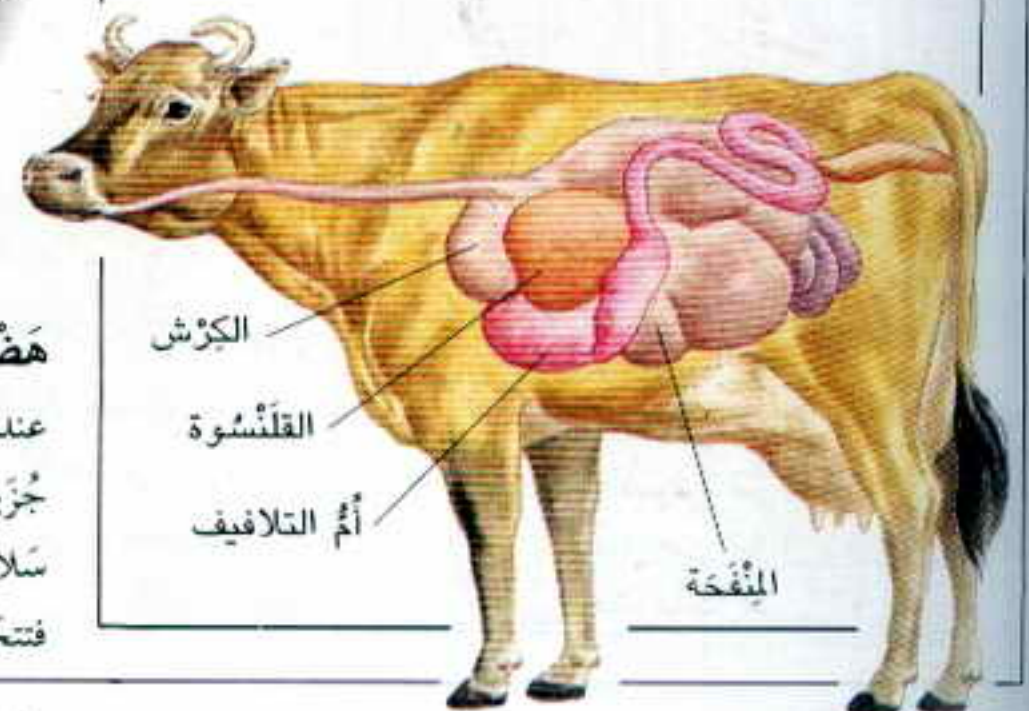
الهضم في الفئران

عندما يتبلع الفأرة طعاماً ينتقل أولاً إلى المعدة حيث يتحلل جزئياً بواسطة حامض قوي. ثم يتابع مساره إلى المعى الدقيق فالغليظ حيث تمتص منتجات الهضم والماء. يفرز بنكرياس الفأرة مواداً هاضمة قلوية تعادل حامض المعدة. أما الممرغة فهي كيس رديء (غير نافذ) يتم فيه هضم الغذاء النباتي.



كيف تهضم البقرة العشب

تهضم الأبقار العشب بمساعدة متعضيات صغرى ومعدة رباعية الأقسام. يدخل الطعام أولاً إلى الكرش فالقلسوة حيث تعمل المتعضيات المجهرية على تحليل السيلولوز. ثم تجتر البقرة الطعام فتمضغه ثانية وتبلعه ليعود إلى المعدة الأخرى حيث يتم هضمه. نحن لا نستطيع هضم السيلولوز في غذائنا النباتي، لذا فهو يعبر أجسامنا كخسائن أو ألياف.



هضم البروتينات والدهون

عندما تأكل قطعة من اللحم، تتحلل البروتينات والدهون المتواجدة فيها إلى جزيئات أصغر جداً يجري امتصاصها في المعى الدقيق. تتحلل البروتينات إلى سلاسل عديدة الببتيد؛ وهذه تتحلل بدورها إلى أحماض أمينية. أما الدهون فتتحول أولاً إلى قطرات دقيقة ثم تتحلل إلى جليسيرول وأحماض دهنية.

لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص ٥٦
- كيمياء الجسم البشري ص ٧٦
- كيمياء الأغذية ص ٧٨
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦

التنفس الخلوي

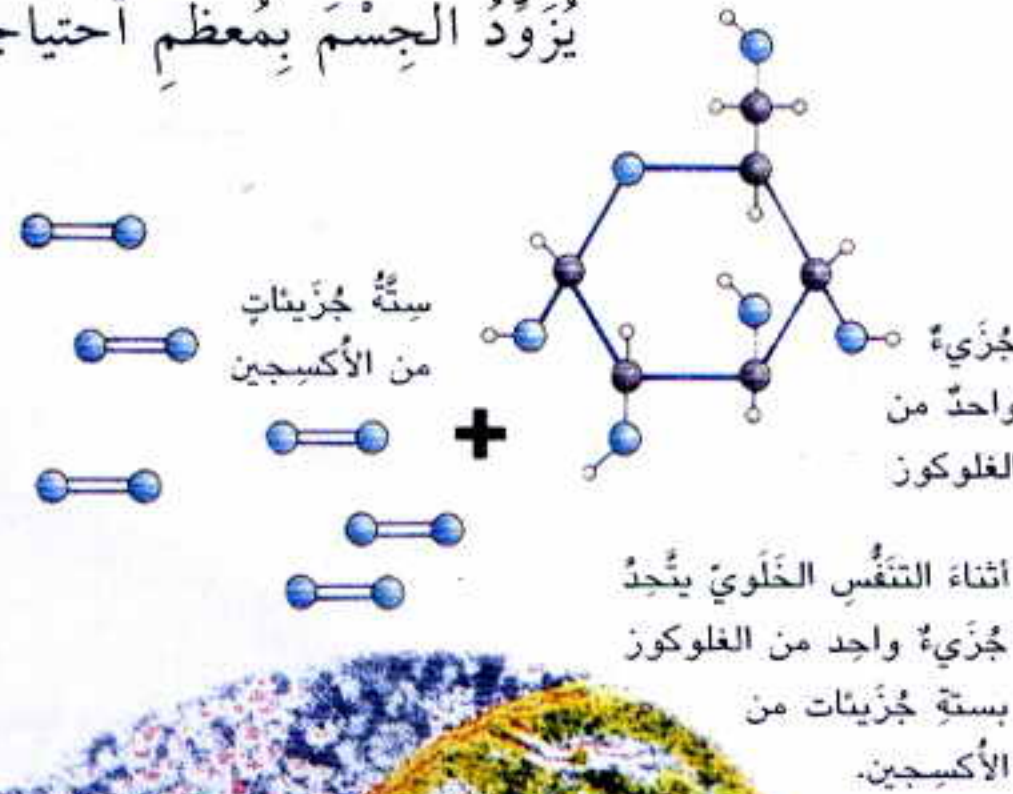
تحتاج جميع الكائنات الحيّة إلى طاقة لتعيش، وهذه الطاقة تُستمدّ من الغذاء. فبعد هضم الوجبة من الطعام، تنتقل الموادّ المغذية إلى الدّم ومنه إلى الخلايا حيث تتحلّل بالانزيمات لإطلاق ما بها من طاقة يُستفاد منها في شتى الأعمال الحيويّة. في التنفس اللاحيوي، تتفكّك المغذيات (بخاصّة الجلوكوز) دون استخدام الأكسجين مُطلقة مقداراً قليلاً من الطاقة. أمّا في التنفس الحيوي، الذي يجري داخل مُتقدّرات الخلية، فتتحدّ الموادّ المغذية بالأكسجين مُنتجة ماءً وثاني أكسيد الكربون كفضلات، ومطلقة مقداراً كبيراً من الطاقة. وهذا التنفس هو الذي يزوّد الجسم بمُعظم احتياجاته من الطاقة.



يُعملُ التنفسُ الخلويُّ كنوابةٍ عبورٍ
تؤارة - يبتعثُ الطاقةَ حيثُ وحينُ يُحتاج إليها.

طاقة يُمكنُ التحكّم بها

التنفسُ الحيويُّ شبيهٌ بالاحتراقِ إذ فيه تتحدّ الموادّ المغذية (الوقود) بالأكسجين لإبتعاث الطاقة. لكن هناك فرقٌ مهمٌ؛ فالاحتراق يحدثُ بسرعةٍ وتنفقُ الطاقة منه تواتاً - فيما التنفسُ الحيويُّ ينطوي على تفاعلاتٍ كيميائيّةٍ عديدة، ويبتعثُ الطاقةَ بأشكالٍ يُمكنُ التحكّم بها.



في التنفس الخلوي يتفاعل الجلوكوز والأكسجين لينتجا طاقةً وثاني أكسيد الكربون وماءً، حسب المعادلة الكيميائية التالية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$


مقدارٌ كبيرٌ من الطاقة

سِتّة جزيئات من ثاني أكسيد الكربون

سِتّة جزيئات ماء



الخطمي الصينيّة (هيبشكس روزاسايئسنز)

التنفس في النبات

في ضوء النهار تُصنّع أوراقُ النبات الخضراء غذاءً (الجلوكوز والنشاء) بالتخليق الضوئي، وتستهلكُ بعضُ الطعام في عمليّة التنفس. لكنّها تُخلّق طعاماً أكثر ممّا تستهلك، لذا فإنّ الأوراق تأخذُ ثاني أكسيد الكربون وتلفظُ الأكسجين. أثناء الليل، يتوقّفُ التخليق الضوئي وتستمرُّ عمليّةُ التنفس، فتأخذُ الأوراقُ الأكسجين وتلفظُ ثاني أكسيد الكربون.

تُخزّنُ الطّاقة

المُبتعثة أثناء عمليّة

التنفس الخلوي

بأستخدامها في تحويل ثاني

فُسفات الأدينوسين (إي دي بي)

إلى ثالث فُسفات الأدينوسين

(إي تي بي). وعند الحاجة إلى

الطّاقة يُنحلّ (إي تي بي) تواتاً

لإطلاقها.

ماذا يحدثُ أثناء التنفس

يعتمدُ الجسمُ البشريُّ في إنتاج طاقته أساساً على الجلوكوز. وهو سُكّر يُنتجُه الجسمُ من هضم النشاء والكربوهيدرات الأخرى في الطعام. قبل أستهلاكه في عمليّة التنفس الخلوي، ينحلّ الجلوكوز إلى مادّة أبسط هي حامض البيروفيك، الذي ينتقلُ إلى مُتقدّرات الخلية حيث يتحدّ بالأكسجين لينتجا ماءً وثاني أكسيد الكربون ومقداراً كبيراً من الطاقة يُستخدَم لوظائف الجسم الحيويّة كتقلص وأنسباط العضلات مثلاً. وهكذا فإنّ عمليّة التنفس الحيوي هي بالتمام معكوس عمليّة التخليق الضوئي حيث تُستخدَم الطاقة لإتصنيع الجلوكوز.



هانز كرّيس

كشّف الكيميائيّ الأحيائيّ

الألمانيّ، هانز كرّيس

(١٩٠٠-١٩٨١) دور

الجلوكوز الكامل في

عمليّة التنفس الخلويّ.

وكان معلوماً أنّ جزئيّ

الجلوكوز يُنحلّ مُنتجاً مادّة

أبسط هي حامض البيروفيك،

لكن ما كان أحدٌ يدرّي مصيرَ حامض

البيروفيك. وقد كشف كرّيس أنّ هذا الحامضُ

يدخلُ دورةً متواصلةً من التفاعلات الكيميائية في

المُتقدّرات، تُعرفُ بدورة حامض الستريك أو دورة

كرّيس، ينحلّ فيها إلى ماءٍ وثاني أكسيد الكربون؛

وتُخزّنُ الطّاقة المُنتلفة خلال هذه التفاعلات في

تحويل (إي دي بي) إلى (إي تي بي).



التنفس اللاحيوي

إذا عدّوت بسرعة منهيكة، يُنفذُ الأكسجينُ من نسيج عضلاتك فلا يُمكنُها تحويلُ الجلوكوز إلى ماءٍ وثاني أكسيد الكربون؛ بل تتحوّل، بغياب الأكسجين، إلى حامض اللبّن (الذي يُسبّبُ تزايدُه معصاً عضلياً)، بالتنفس اللاحيوي. وخلال استراحتك بعد العدو ينحلّ حامض اللبّن بأستخدام الأكسجين. بعضُ المُتعضّيات، كالخمائر والبكتيريا، تعيش عادةً بالتنفس اللاحيوي دون سواه.

لمزيد من المعلومات انظر

- الفُسفور ص ٤٣
- الأكسجين ص ٤٤
- الاختصار ص ٨٠
- الخلايا ص ٣٣٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الهضم ص ٣٤٥
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

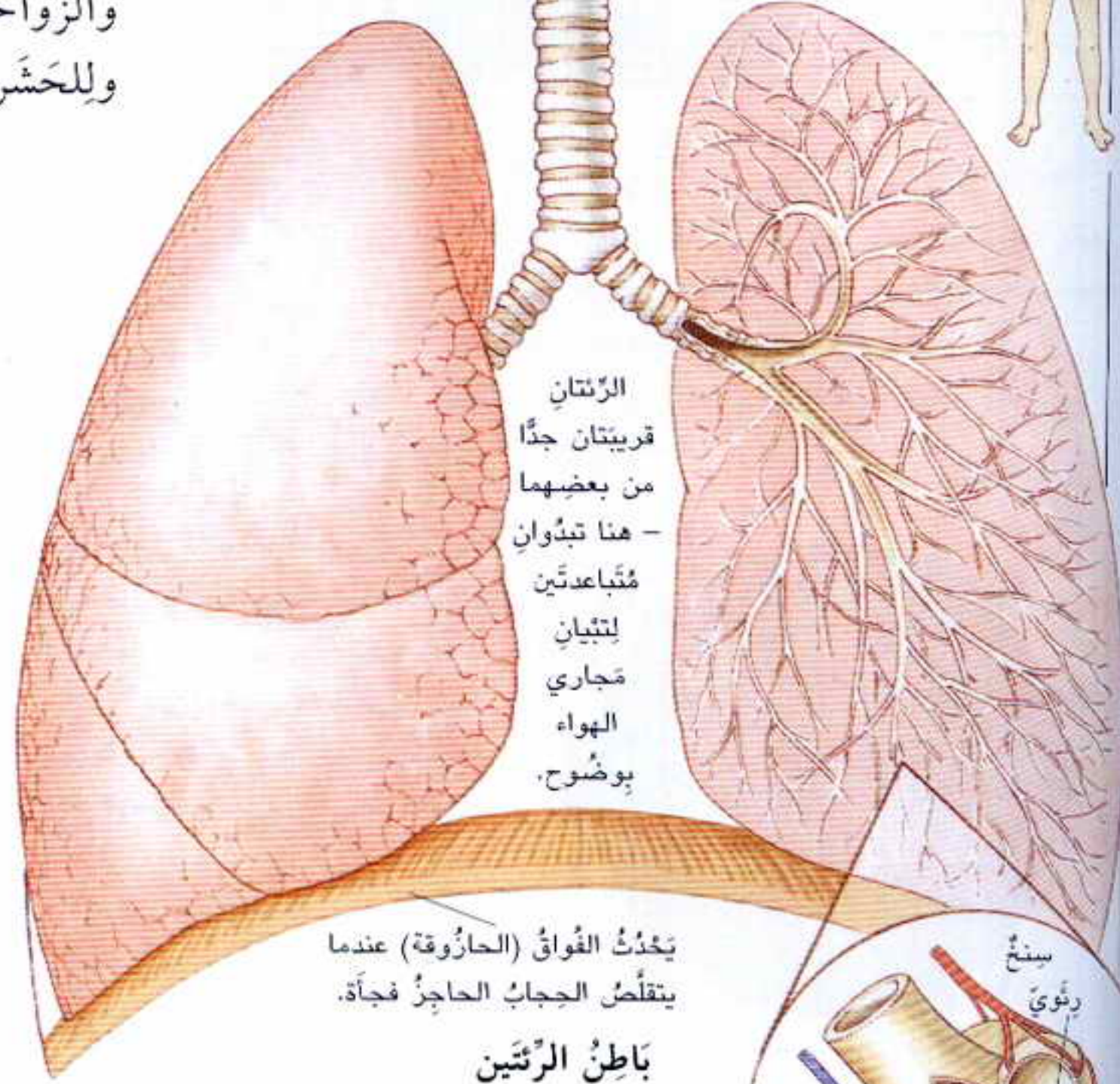
التنفس

التنفس شهيق وزفير. في الشهيق يُسْفَطُ الهواء إلى داخل رئتيك، فينتشر أكسجين الهواء عبر بطانتها الرقيقة إلى الدم الجاري في الأوعية الدموية الدقيقة في الرئتين. وتحمل كريات الدم الحمراء الأكسجين إلى جميع أنسجة الجسم. وفي الوقت نفسه، يسري ثاني أكسيد الكربون (الغاز الناتج عن التنفس الخلوي) في الاتجاه المعاكس ليُطْرَدَ مع هواء الزفير. اللبونات والطيور والبرمائيات والزواحف تتنفس برئتين، أما الأسماك فحيشومية التنفس. وللحشرات أنابيب تنفس قصبية ذات فتحات جانبية في بطونها.

الخنجره مثلك غُضْرُوفِي
يُحوي الأوتار الصوتية.
هواء الرّفير يُذْبِذ الأوتار
الصوتية فيحدث الصوت.

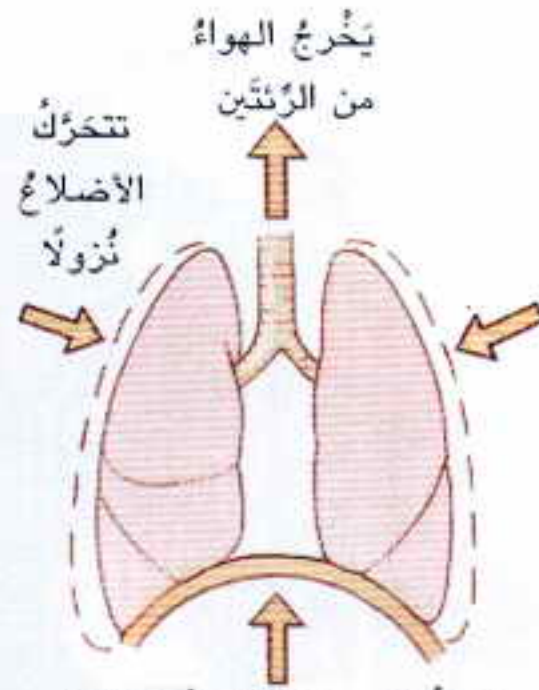
تمتد الرغامى (القصبه
الهوائية) من الخنجره إلى
الرئتين. وهي مفتوحة
دوماً بفضل خلقات
غُضْرُوفِيّة نصف دائرية.

رئتان مختلفتا الشكل؛
فالرئة اليمنى أغرض
وتتألف من ثلاثه
فصوص، فيما تتألف
اليسرى من فصين
فقط.



التنفس

الرئتان مُحاطتان بأضلاع الففص الصدري الذي يفصله عن التجويف البطني حاجز عضلي صفحي هو الحجاب الحاجز. فعندما تنفس، تُعَبَّرُ أضلاعك والحجاب الحاجز حَجَمَ التجويف الصدري، فيُسْفَطُ الهواء إلى الرئتين في الشهيق، ويُسْفَطُ خارجاً في الزفير. ويعتمد مقدار الهواء المتحرك على مجهودك العملي؛ فإذا كنت جالساً بهدوء، يتحرك القليل من الهواء مع كل نفس؛ أما خلال العمل المجهّد فالتنفس أسرع وأعمق. فأنت في التنفس العميق تُحَرِّكُ من الهواء ستة أضعاف ما تُحَرِّكُهُ منه وأنت جالس بهدوء.



يُخْرَجُ الهواء
من الرئتين
تتحرّك
الأضلاع
تُزُولُ
يتحرّك الحجاب الحاجز صُغُوداً
عند الرّفير، تتحرّك الأضلاع
تُزُولُ ويندفع الحجاب الحاجز
صُغُوداً، فيقل حجم الخيز حول
الرئتين ويُزْفَرُ الهواء خارجاً،
بالضغط الحاصل،
عبر الرغامى.

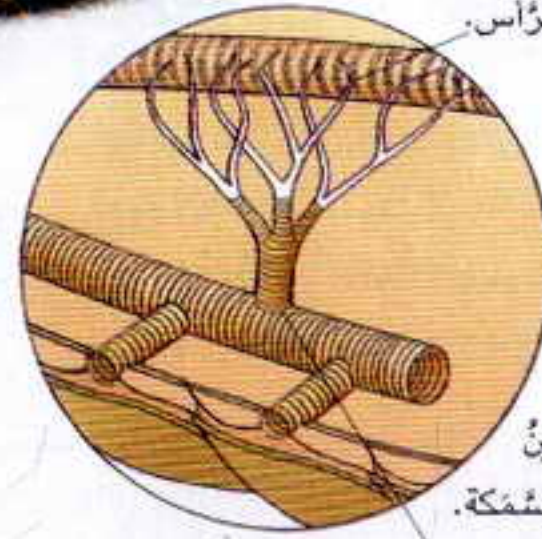
الفوهات التنفسية تتحكم، فتشاً وإغلاقاً،
في سريان الهواء عبر شبكة الأنابيب
القصبية.



جُدُجُ الأذغال
(نوع إفييجر)

شبكة الأنابيب القصبية

تنفس الحشرات عبر شبكة من الأنابيب المملأ بالهواء، تُدعى الأنابيب القصبية، تمتد إلى أعماق جسم الحشرة؛ وتتفرع بدقة ووفرة إلى العضلات ومختلف الأنسجة الأخرى. وتتصل هذه الأنابيب أحياناً بأكياس هوائية تُعَبِّرُ أشكالها كالرئات. ولكل من الأنابيب القصبية مُنْفَسٌ فوهي عبر غلاف جسم الحشرة يُدعى الفوهة التنفسية.



تتقل أنابيب التنفس الأكسجين
إلى خلايا الحشرة مباشرة.



التنفس الحيشومي

يُحوي الماء قَدْرًا من الأكسجين مُذاباً فيه، تستطيع الأسماك تلقّيه بواسطة خياشيمها. يتألف الخيشوم من سلسلة سدادات دقيقة رقيقة الجدران غنيّة بالأوعية الدموية لتعزيز تبادل الغازات. تُعَبِّ السّمكة الماء عبر فمها ليُخْرَجَ عبر فتحات خياشيمها حيث يجري امتصاص الأكسجين المُذاب ولَفْظُ ثاني أكسيد الكربون.



الدم والهواء في السنخ الرئوي مُتَقَارِبَانِ
جداً، ممّا يُيسِّرُ أنيقال الأكسجين وثاني
أكسيد الكربون بينهما.



توجد خياشيم السمكة
خلف الرأس مباشرة.

تتألف الخياشيم من اقواس مُخَنِيّة ذات
نُوءات ريشية هي الخيوط الحيشومية.

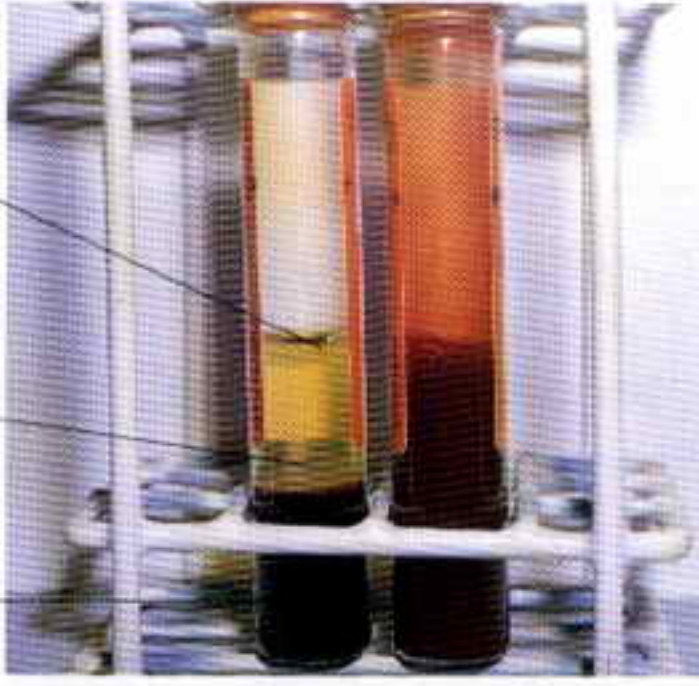
لمزيد من المعلومات انظر

- إحداث الصوت وسماعه ص ٧٢
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

الدم

الدم مادة مذهشة حقًا، فهو يعمل كسير ناقلٍ سائلٍ ينقل الأكسجين إلى كل خلية حية في الجسم؛ كما ينقل أيضًا المواد الغذائية والهرمونات والفضلات والدفع، وهو دفاع الجسم الرئيسي ضد الأمراض. قطرة الدم تبدو للناظر مجرد سائل أحمر، لكنها تظهر تحت المجهر مُحْتَشِدَةً بِمِلايين الكريات طافية في مائع مائي. كريات الدم الحمراء تنقل الأكسجين، والكريات البيض تُهاجم أي شيء يغزو الجسم من الخارج؛ وتنقل المصورة أو البلازما (القسم السائل) معظم ثاني أكسيد الكربون. يحوي جسم الإنسان البالغ من ٥ إلى ٨ لترات من الدم - خلاياه قرصية أو مُنضغطة أو صفيحية تُستبدل بالملايين منها آخر جديدة كل يوم.

في معظم الناس
تؤلف البلازما
أكثر من نصف
حجم الدم.
طبقة رقيقة من
كريات الدم البيض
والصفائح
كريات الدم الحمراء
مكدسة متراسة



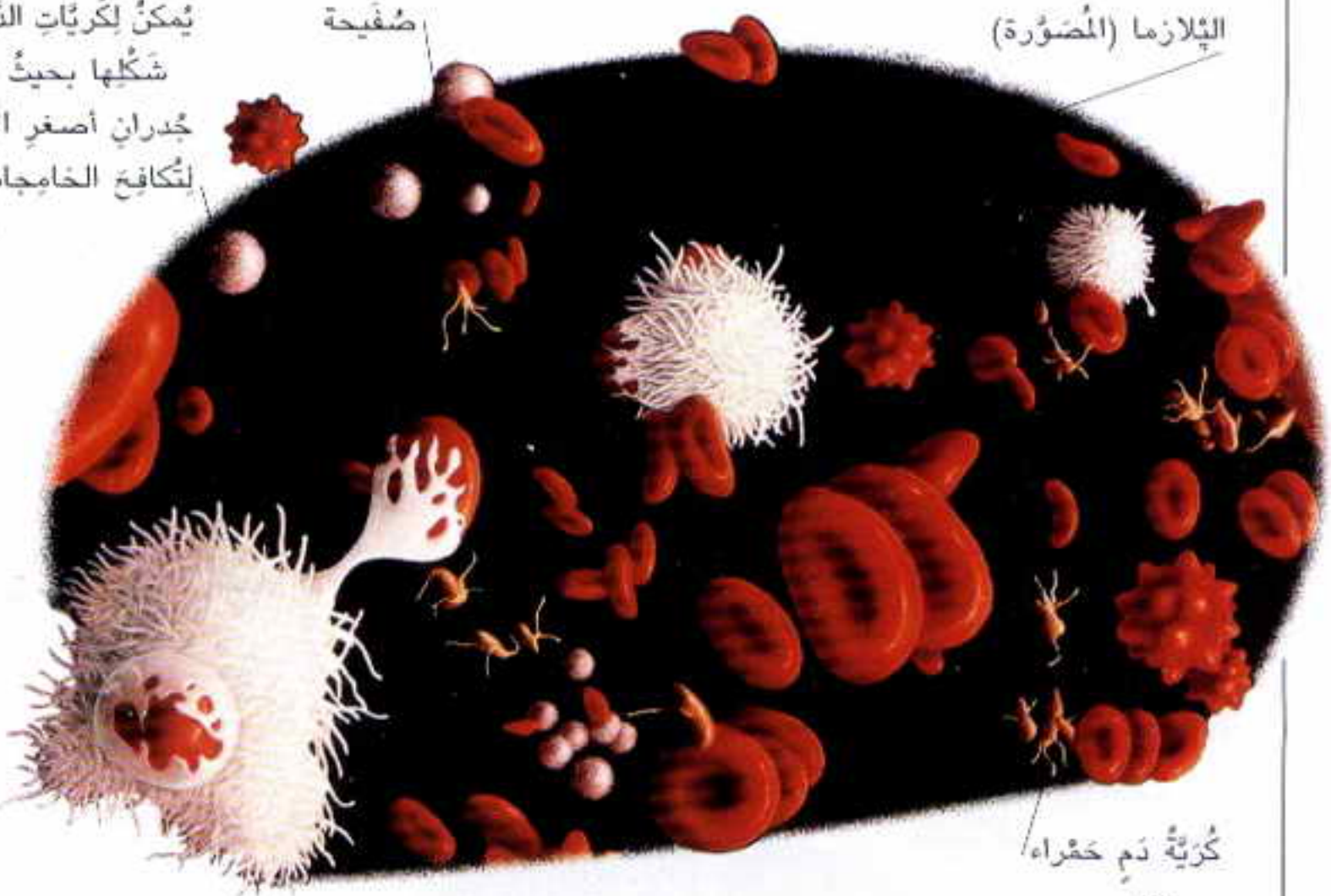
تركيب الدم

إذا دُمّت عينة من الدم في أنبوب اختبار بسرعة كبيرة، تستقر الكريات في قاع الأنبوب، ويعلوها سائل صفراوي يُدعى المصورة أو البلازما. تتألف البلازما من ٩٠ بالمئة ماء، والباقي أملاح ومواد غذائية - إضافة إلى بروتينات كالفيرينوجن (مُؤد للبروتين) الذي يُخثر الدم. وتؤلف الكريات أقل من نصف حجم الدم بقليل، ويقوّى عدد كريات الدم الحمراء عدد البيض بنسبة ٥٠٠ إلى ١.

يمكن لكريات الدم البيض تغيير شكلها بحيث تنضغط غير جذران أصغر الأوعية الدموية لتكافح الخامجات الممرضة.

صفائح

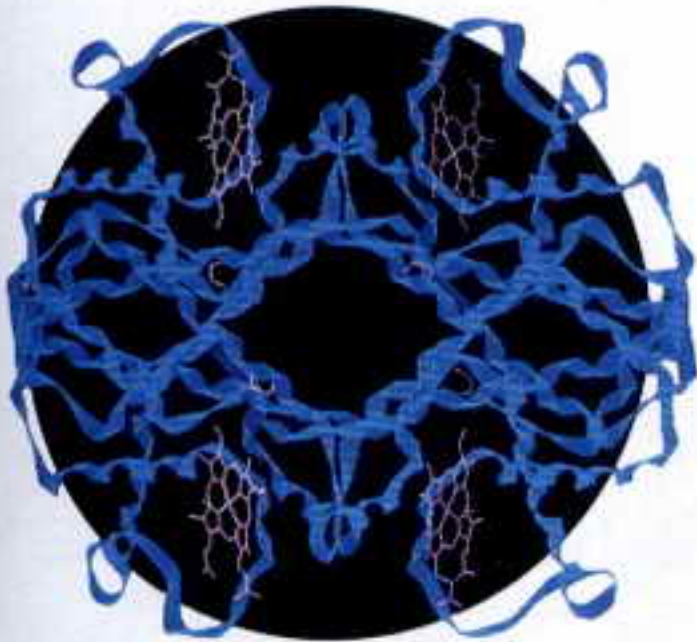
البلازما (المصورة)



كزيت دم حمراء

البخمور (الهيموغلوبين)

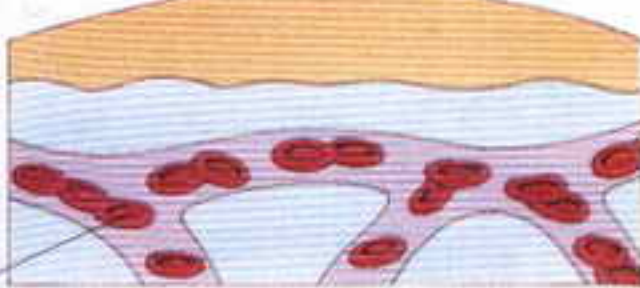
البخمور خضب يُكسب كريات الدم الحمراء حمرة، وهو يحوي الحديد، ويتميز بقدرته على تشكيل روابط مؤقتة مع جزيئات الغازات. فالبخمور يتحد بالأكسجين عندما تمر كريات الدم الحمراء بالرئتين؛ ويتخلّى عنه في أقسام الجسم الأخرى، ليحول بعض ثاني أكسيد الكربون فيطلقه عندما يعود إلى الرئتين، وهكذا دواليك.



صورة مُولدة حاسوبياً تُبيّن جزيئات من البخمور. الأجزاء القُرْنُلِيَّة هي المجموعات حاوية الحديد التي ترتبط مع الأكسجين.

تخثر (أو تجلط) الدم

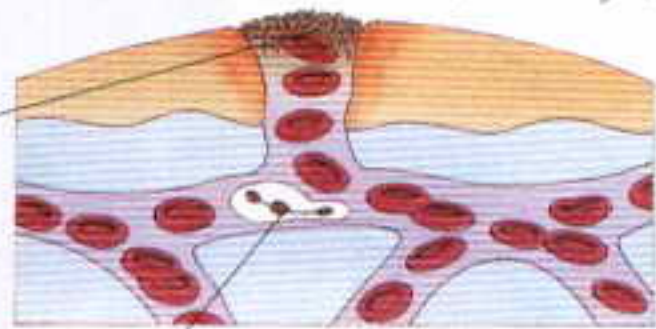
إذا جرحت، فإن دمك يتخثر في مكان الجرح ويوقف النزف. فصفائح الدم القريبة من الجرح تصبح دبقة وتلتصق معاً مكونة سداداً. وخلال ذلك يتحول بروتين الفيرينوجين (مُؤد للبروتين) إلى فيرين (ليفين) مُشكلاً شبكة خيطية كثيفة تنقلص فتضم كريات الدم الحمراء في جلطة (خثرة).



الجلد المجروح يُطلق مواد في الدم تجعل الصفائح دبقة.

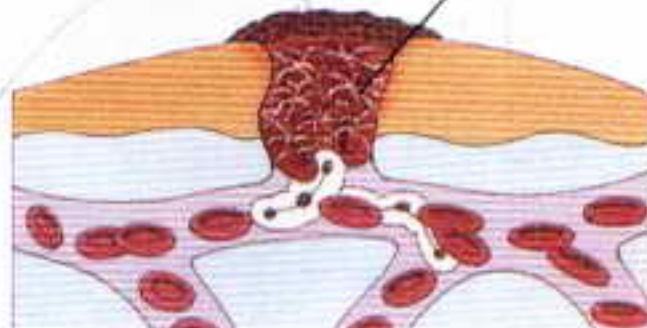
كزيت دم حمراء

تنضم الصفائح معاً فتكون سداداً، ويُشكل الفيرين خيوطاً تحبس كريات الدم الحمراء.



خيوط الفيرين

كزيت دم بيضاء



الفيرين وكريات الدم الحمراء تُكوّن خثرة تنصلد إلى قشرة. وتشقّق القشرة عندما يُندمل الجلد.

الكرنذ الأزرق الدم

القشريات، كالسرطانات والكرنذات، وبعض الرخويات، مُزوّدة بدم الهيموسيانين، بخضب أزرق يُدعى الهيموسيانين، يُكسب الدم زرقته. في القشريات، يكون الهيموسيانين مُذاباً في بلازما الدم بدل أن يكون في كراته.



الهيموسيانين يحوي نحاساً بدل الحديد. فيجعل الدم أزرق لا أحمر كما هو مُعتاد في هذا الكرنذ الشائع (هوماروس قلجارس).

فتات (أو زمر) الدم

يختلف الدم قليلاً من شخص إلى آخر، بسبب بروتينات خاصة تتواجد على سطوح الكريات الحمراء وفي المصورة (البلازما). والناس ذوو البروتينات نفسها ينتمون إلى فئة الدم نفسها. وإذا مزج دم من فئة معينة بدم من فئة أخرى تلتازن كريات الدم الحمراء وترسب بفعل البروتينات المختلفة، وهو خطرٌ جداً. لذا عند نقل الدم من شخص إلى آخر ينبغي التأكد أنه من فئة الدم الصحيحة.



لمزيد من المعلومات انظر

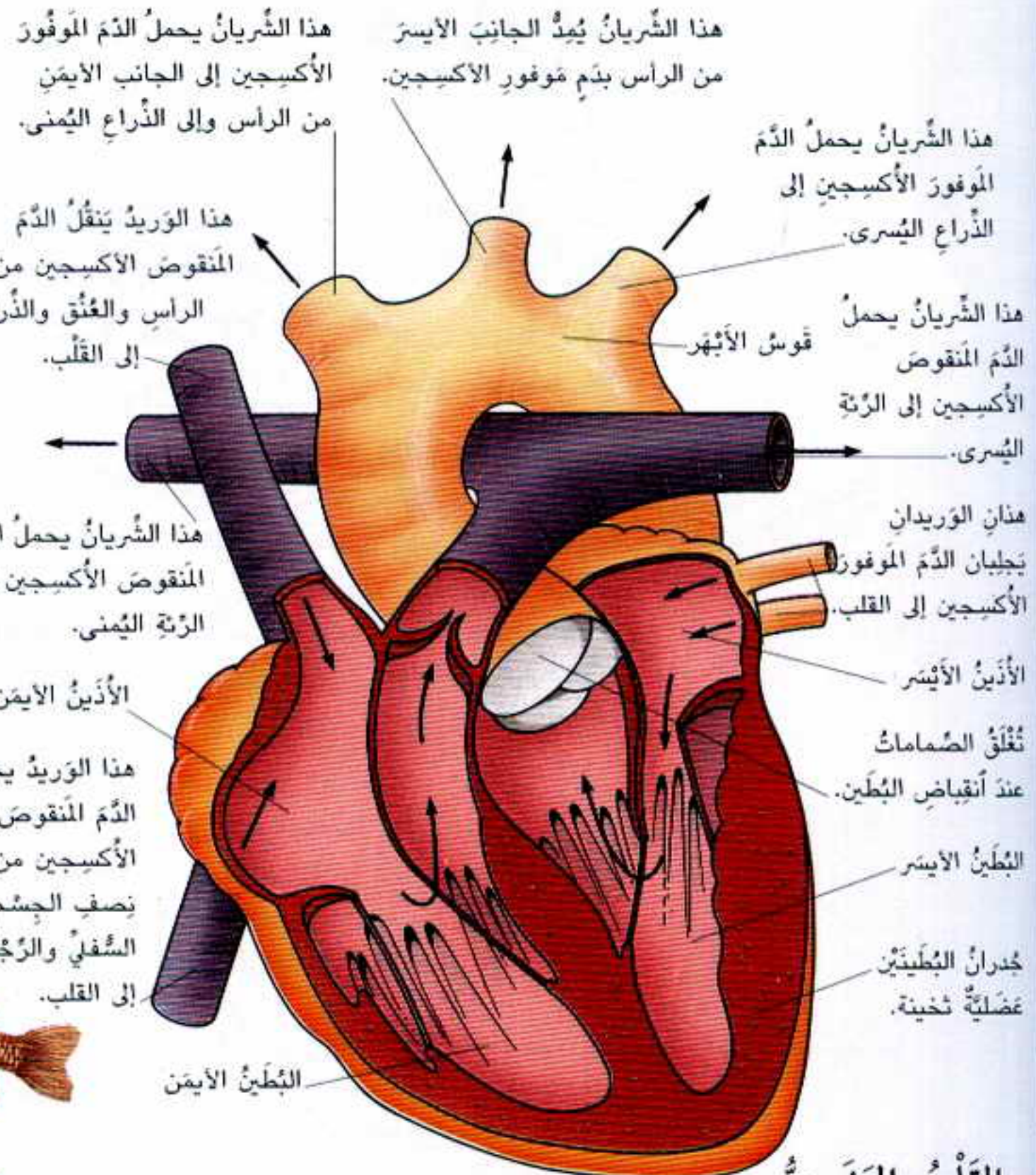
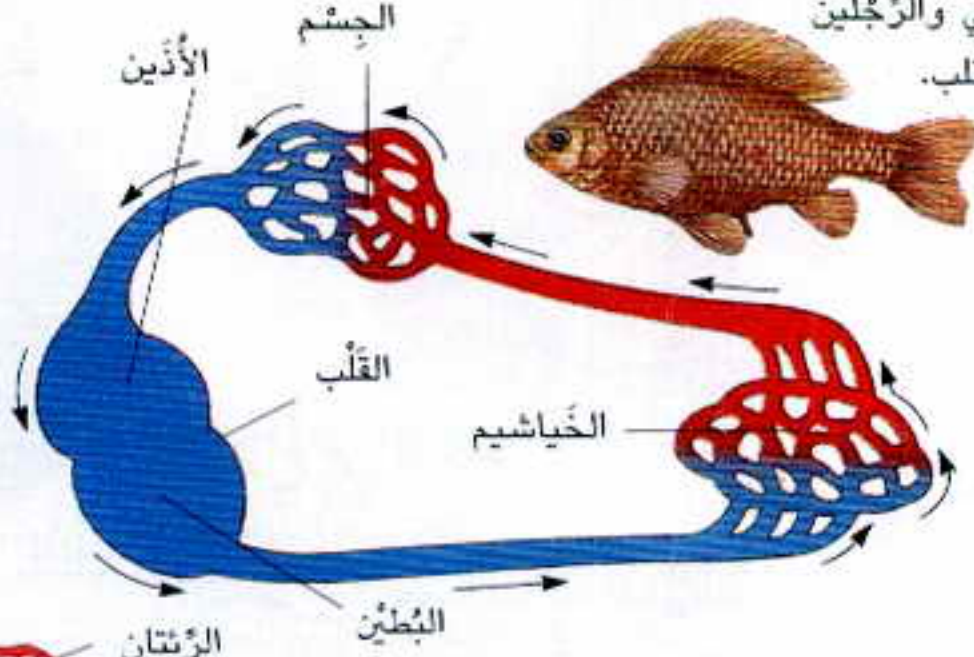
- فصل المزيجات ص ٦١
- المفصليات ص ٣٢٢
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّة

يَخْفِقُ قَلْبُكَ ١٠٠,٠٠٠ مَرَّةً فِي الْيَوْمِ ضَاغِطًا الدَّمَّ عَبْرَ شَبَكَةٍ مِنَ الْأَنْبِيَبِ تَنْقُلُهُ فِي جَوْلَةٍ حَوْلَ الْجِسْمِ. الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ مُقْفَلَةٌ - أَيَّ إِنَّ الدَّمَّ يَدُورُ فِي أَوْعِيَةٍ خَاصَّةٍ مُتَّصِلَةٍ. فَعِنْدَمَا يُضَخُّ الدَّمُّ مِنَ الْقَلْبِ، يَنْدَفِعُ قُدَمًا بِضَغْطٍ عَالٍ يُمَكِّنُكَ تَحَسُّسَهُ نَبْضًا. وَيَدُورُ الدَّمُّ بِسُرْعَةٍ مُدْهِشَةٍ، إِذْ تُكْمِلُ كُرِّيَّةُ الدَّمِّ دَوْرَتَهَا مِنَ الْقَلْبِ إِلَى الرُّكْبَةِ، ذَهَابًا وَإِيَابًا فِي دَقِيقَةٍ وَاحِدَةٍ فَقَطْ. أَمَّا الْحَيَوَانَاتُ الْأَبْسَطُ، كَالْقَوَاقِعِ مَثَلًا، فَالْجُمْلَةُ الدَّوْرَانِيَّةُ لَدَيْهَا مَفْتُوحَةٌ يَسْرِي فِيهَا الدَّمُّ غَالِبًا عَبْرَ فَجَوَاتٍ جَسَدِيَّةٍ فَسِيحَةٍ، لَا خِلَالَ أَوْعِيَةٍ ضَيِّقَةٍ. وَالدَّمُّ فِيهَا لَا يُضَخُّ بِضَغْطٍ مُرْتَفِعٍ، فَيَتَحَرَّكُ بِطَءٍ وَرُكُودٍ.

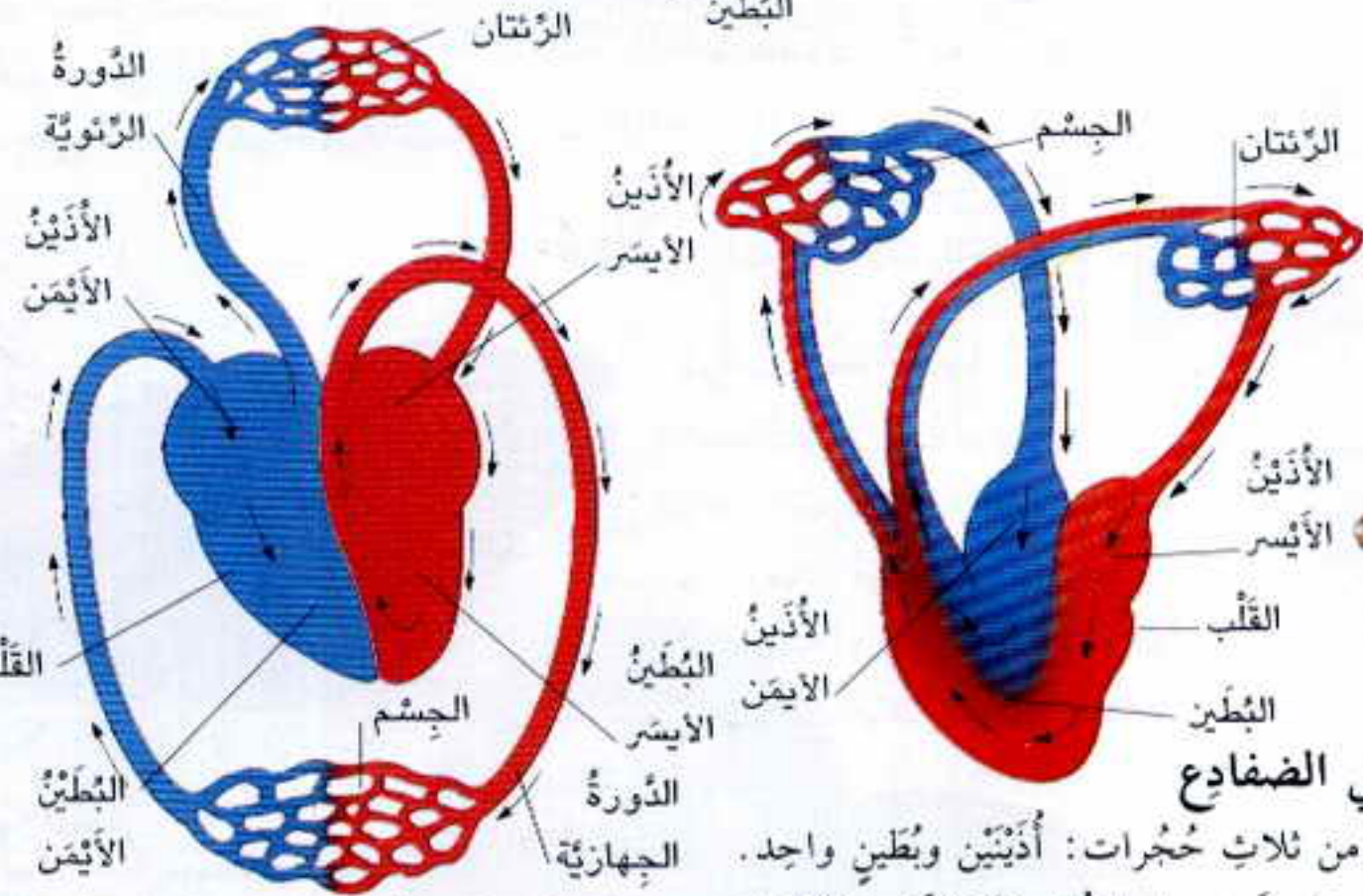
الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْأَسْمَاكِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ السَّمَكَةِ مِنْ حُجْرَتَيْنِ فَقَطْ، وَيَسْرِي الدَّمُّ فِي حَلْقَةٍ أَنْشَوَاطِيَّةٍ وَاحِدَةٍ. يَسْرِي الدَّمُّ عَبْرَ الْخِيَاشِيمِ حَيْثُ يَجْمَعُ الْأَكْسِجِينَ، ثُمَّ يَدُورُ حَوْلَ الْجِسْمِ يَزُوْدُهُ بِالْأَكْسِجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهُ ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ، فَيَحْمِلُهُ عَوْدًا إِلَى الْخِيَاشِيمِ.



الْقَلْبُ الْبَشَرِي

الْقَلْبُ يُشْبِهُ مَضْحَكَيْنِ تَعْمَلَانِ جَنْبًا إِلَى جَنْبٍ، تَتَأَلَّفُ وَاحِدَتُهُمَا مِنْ قِسْمَيْنِ عَضَلِيَّيْنِ هُمَا أَذْيُنٌ عُلوِيٌّ وَبَطْنِيٌّ سُفْلِيٌّ. فِخْلَالَ نَبْضَةِ الْقَلْبِ يَنْقَبِضُ الْأَذْيُنُ دَافِعًا الدَّمَّ إِلَى الْبَطْنِيْنِ؛ ثُمَّ فِي لَحْظَةٍ، يَنْقَبِضُ الْبَطْنِيٌّ بِدَوْرِهِ دَافِعًا الدَّمَّ خَارِجَ الْقَلْبِ إِلَى الشَّرَايِينِ. الْجَانِبُ الْأَيْمَنُ مِنَ الْقَلْبِ يَضَخُّ الدَّمَّ الْوَارِدَ مِنَ الْجِسْمِ إِلَى الرِّئَتَيْنِ، فِي حِينٍ يَتَلَقَّى الْجَانِبُ الْأَيْسَرُ الدَّمَّ الْمَوْفُورَ الْأَكْسِجِينِ مِنَ الرِّئَتَيْنِ وَيَضَخُّهُ إِلَى بَقِيَّةِ الْجِسْمِ.



الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الضَّفَادِعِ

يَتَأَلَّفُ قَلْبُ الضَّفَدَعِ مِنْ ثَلَاثِ حُجْرَاتٍ: أَذْيُنَيْنِ وَبَطْنِيٍّ وَاحِدٍ. يَسْرِي دَمُ الضَّفَدَعِ فِي دَوْرَتَيْنِ - إِحْدَاهُمَا عَبْرَ الرِّئَتَيْنِ لِإِكْتِسَابِ الْأَكْسِجِينِ، وَالْأُخْرَى حَوْلَ الْجِسْمِ لِيَذْلِهِ. وَعِنْدَ عَوْدَةِ الدَّمِّ مِنَ كِلَا الدَّوْرَتَيْنِ يَخْتَلِطُ جُزْئِيًّا قَبْلَ إِعَادَةِ ضَخِّهِ.



وَلِيَمْ هَارْفِي

الطَّبِيبُ الْعَرَبِيُّ، ابْنُ النَّفِيسِ (ح. ١٢٠٥-١٢٨٨) كَانَ أَوَّلَ مَنْ وَصَفَ دَوْرَانَ الدَّمِّ بَيْنَ الْقَلْبِ وَالرِّئَتَيْنِ؛ لَكِنَّ عَمَلَهُ لَمْ يُعْرِفْ فِي أَوْرُوبَا. ثُمَّ بَعْدَ قُرَابَةِ أَرْبَعَةِ قُرُونٍ (عَامَ ١٦٢٨) نَشَرَ الطَّبِيبُ الْإِنْكَلِيزِي، وَلِيَمْ هَارْفِي (١٥٧٨-١٦٥٧) وَصَفًا كَامِلًا لِدَوْرَانِ الدَّمِّ حَوْلَ الْجِسْمِ. وَهُوَ لَمْ يَسْتَطِعْ رَوْيَةَ الْأَوْعِيَةِ الشَّعْرِيَّةِ، لَكِنَّهُ اسْتَنْجَحَ وَجُوبِيَّةَ وَجُودِهَا.

الْأَوْعِيَةُ الدَّمَوِيَّةُ

يَحْوِي جِسْمُ الْإِنْسَانِ حَوْلَ ١٠٠,٠٠٠ كِمٍ مِنَ الْأَوْعِيَةِ الدَّمَوِيَّةِ. تَحْمِلُ الشَّرَايِينُ الدَّمَّ مِنَ الْقَلْبِ إِلَى أَجْزَاءِ الْجِسْمِ، بَيْنَمَا الْأَوْرَدَةُ تُعِيدُهُ إِلَى الْقَلْبِ. وَتَتَّصِلُ الشَّرَايِينُ بِالْأَوْرَدَةِ بِوَسْطَةِ شَبَكَةٍ كَثِيفَةٍ مِنَ الْأَوْعِيَةِ الشَّعْرِيَّةِ (الشَّعْبِيرَاتِ) الْمِجْهَرِيَّةِ.



الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ الْبَشَرِيَّةُ

تَنْقَسِمُ الدَّوْرَةُ الدَّمَوِيَّةُ فِي الْإِنْسَانِ، كَمَا فِي سَائِرِ اللَّبَنَاتِ وَالطَّيُورِ، إِلَى دَوْرَتَيْنِ رَثَوِيَّةٍ وَجِهَازِيَّةٍ. فِي الْأَوَّلَى يَنْتَقِلُ الدَّمُّ مِنْ نِصْفِ الْقَلْبِ الْأَيْمَنِ إِلَى الرِّئَتَيْنِ حَيْثُ يَكْتَسِبُ الْأَكْسِجِينَ وَيُصْبِحُ أَحْمَرًا قَائِمًا. وَفِي الثَّانِيَةِ يَنْتَقِلُ الدَّمُّ مِنْ نِصْفِ الْقَلْبِ الْأَيْسَرِ إِلَى سَائِرِ أَجْزَاءِ الْجِسْمِ يَزُوْدُهُ بِالْأَكْسِجِينِ، وَيَأْخُذُ مِنْهَا ثَانِي أَكْسِيدَ الْكَرْبُونِ - فَيَعْدُو مَنَقُوصَ الْأَكْسِجِينِ أَحْمَرًا قَائِمًا.

لِزِيْبِ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ أَنْظُرْ

- التَّنَفُّسُ ص ٣٤٧
- الدَّمُّ ص ٣٤٨
- الْبَيْئَةُ الْبَاطِنِيَّةُ (فِي الْأَحْيَاءِ) ص ٣٥٠

البيئة الباطنية (في الأحياء)

العالم من حولنا دائم التغير؛ فالهواء قد يبرد أو يسخن. وقد يهطل المطر أو يكون الطقس مشمسًا وجافًا. أما في باطن الجسم، فالظروف البيئية تظل في الغالب هي نفسها من يوم لآخر؛ فدرجة الحرارة هي نفسها على الدوام تقريبًا، والمزيج الكيماوي الذي تحيا به خلايا الجسم يبقى ثابت التركيز. وهذا لا يعني أن الجسم لا يتغير أبدًا؛ فهو يجري، طوال الوقت، تعديلات بسيطة في بيئته الباطنية. فالأعصاب والهرمونات (المراسيل الكيماوية) تعمل معًا لإبقاء ظروف الجسم الداخلية في وضع الاستقرار. وهذا الاستقرار الداخلي (أو الاستتباب) هو من خصائص الكائنات الحية العليا.

الإفراغ

الكائنات الحية كلها بحاجة إلى التخلص من الفضلات؛ ويُعرف هذا بالإفراغ. فنحن نفرغ ثاني أكسيد الكربون والماء عبر الرئتين، ونفرغ المركبات النتروجينية والأملاح والماء في التبول، وبعض الأملاح والماء في التعرق. ونتخلص أيضًا من مخلفات الطعام غير القابلة للهضم بالتبرز - لكن ذلك ليس إفراغًا أيضًا جهازيًا، لأن هذه الأجزاء لا تغبر خلايانا مطلقًا. والإفراغ عملية مهمة جدًا لأن الفضلات قد تسمم الجسم. في الجسم السليم تعمل الجملة العصبية والهرمونات على عدم تراكم الفضلات مطلقًا.

الإفراغ في النبات

النباتات أيضًا تحتاج إلى التخلص من الفضلات كما الحيوانات. فثناء التخليق الضوئي، تلتقط النباتات فضلة الأكسجين من أوراقها، كما تخرن بعض النباتات الفضلات الجامدة في خلاياها. فالحلايا المبيئة أعلاه من فص ثوم قد اخترنت بلورات أكسالات الكالسيوم كناتج فضلة.

ذوات الدم البارد

الأسماك والبرمائيات والزواحف حيوانات خارجية الإحار (باردة الدم) تعتمد على مصادر خارجية لتسخين أجسامها. وهكذا فإن درجة حرارتها ترتفع وتهدأ تبعًا لدرجة حرارة مكان تواجدها. والكثير من هذه الحيوانات يُغير درجة حرارته بنمط سلوكه. فتعرض العقاية مثلًا للشمس في الطقس البارد، وتقع في الظل في الطقس الحار.

ذوات الدم الحار

الطيور والفقاريات والبرمائيات والحيوانات الداخلية الإحار (حارة الدم) تولد الحرارة داخليًا من خلال الأيض، فتحتفظ درجة حرارتها ثابتة - وهي عادة أسخن من بيئتها. والحيوانات الداخلية الإحار تظل نشطة حتى في الطقس البارد؛ لكن أجسامها تتطلب مقادير كبيرة من الغذاء (الوقود) لتحقيق ذلك.

تنظيم درجة الحرارة

ما لم تكن مريضًا، فإن درجة حرارة جسمك ثابتة على 37°س. وتتولد الحرارة من انحلال الغذاء خلال التنفس الخلوي، وهي تُفقَد باستمرار في الوقت نفسه. فإذا فقد الجسم حرارة أكثر مما يُنتج، يُرسل الدماغ توافًا إشارات إلى الجسم لزيادة إنتاج الحرارة كما يمنع سُروب بعضها بتضييق الأوعية الدموية القريبة من سطح الجلد - مما يجعل شعر البدن يُقف قشعريرة. أما إذا ولد الجسم حرارة أكثر مما ينبغي، فعندئذ يبدأ التعرق.

النخاع عُدّة صماء صغيرة عظمى الأهمية، تتصل بقاعدة الدماغ؛ وتنتج عددًا من الهرمونات وتنبه عددًا أخرى لتغير هرموناتها الخاصة. ويربط الوطاء، المجاور للنخاع، جملة الغدد الصم بالجملة العصبية في الجسم.

الغدة الدرقية تُفرغ الثورقين، وهو هرمون يُنظم النمو، وسرعة انحلال الغذاء لابتعاث الطاقة.

يُنتج البنكرياس هرمونين يحكمان مستويات السكر في الدم. فالإنسولين يجعل الخلايا تستهلك مزيدًا من الجلوكوز، كما يحفز الكبد على سحب الجلوكوز من الدم. فيما يعمل هرمون الجلوكاجون على جعل الكبد يُمدّ الدم بمزيد من الجلوكوز.

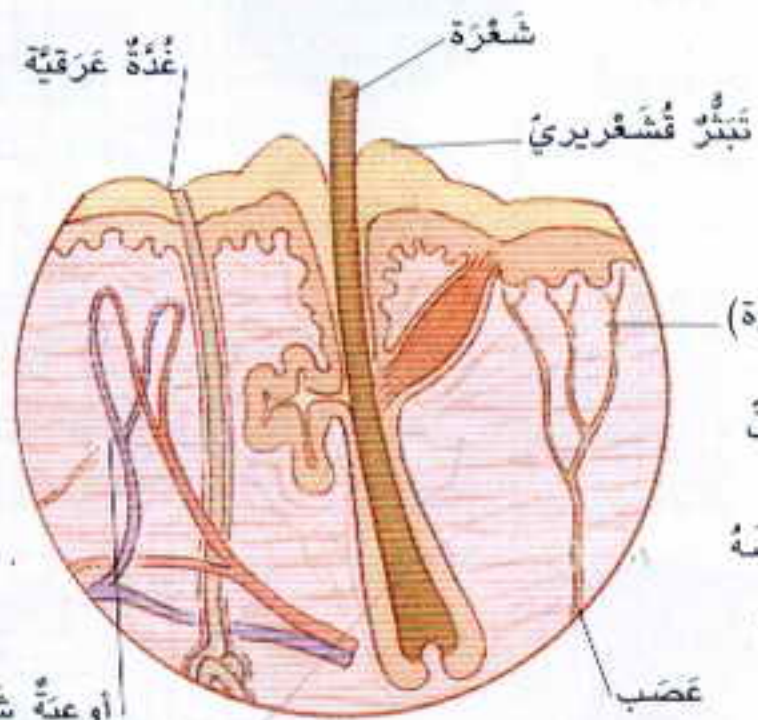
في شتى أنحاء الجسم تنتشر شبكة من الانابيب تدعى الجملة اللمفية تتلقى المائع اللمفي المنتشر من الأوعية الشعرية، فترشحه لإزالة الخلايا والجسيمات الغريبة. ويُعاد اللف المرشح إلى الدم عبر قناة قرب القلب.

العقد اللمفية هي انتفاخات مسامية في الجملة اللمفية حيث تُهاجم كريات الدم البيض الجراثيم. وإذا انخسف الجسم بالبكتيريا أو تعرض للشم، من لدغة أفعى مثلاً، فإن العقد اللمفية تتضخم عادة.

الدم أخذ أكثر المواد أهمية في المحافظة على استقرار البيئة الباطنية. فهو يحمل الأكسجين إلى الخلايا، ويأخذ منها الفضلات، ويُقلل البكتيريا المؤذية، كما يحمل جميع المراسيل الهرمونية من الخلايا واليها.

القشعريرة (الارتعاش)

إذا برد جسمك كثيرًا، يُرسل دماغك إشارات إلى بعض عضلاتك لتتقبض أو ترتعش. وهذا الارتعاش يولد حرارة تدفئ الجسم. وفي الوقت نفسه، تضيق الأوعية الدموية القريبة من الجلد، فتُمنع سُروب الكثير من حرارة الجسم عبره.



قُفوف الجلد (قشعريرة) إحدى العلامات الأولى للإحساس بالبرد هي قُفوف الجلد بسبب توترية على سطحه. وتظهر هذه التواءات لأن عضلات دقيقة تُفك شعر البدن قشعريرة.



بلورات أكسالات الكالسيوم في الثوم (الثوم) سانيقوم



عظاية تتشمس فوق صخرة



البارد، وتقع في الظل في الطقس الحار.

مراقبة الجسم

دماغك مراقب دائم لبيئة جسمك الباطنية. فجزة منه يرقب على الدوام تركيز ثاني أكسيد الكربون في الدم؛ فيزيد سرعة التنفس إذا زاد التركيز كثيرا. كما تضبط أجزاء أخرى من الدماغ نسبة الماء في الدم ودرجة حرارة الجسم، وسواها من الظروف الحيوية.

الهormونات

الهormونات مواد تحمل رسائل معينة. في الحيوانات تُفرز الغدد الصم هormونات تضبط مباشرة في مجرى الدم لتدور حول الجسم. وعندما يبلغ الهormون الخلايا المستهدفة يبدأ بتنفيذ رسالته تورا. ينتج الجسم أكثر من 50 هormونا مختلفا، بعضها ينظم مستويات المواد المهمة في الدم، وأخر تتحكم في طريقة نمو الجسم وتطوره. وتعمل الهormونات عادة أزواجا - واحد ذو تأثير مضاد للآخر.



الهormونات في النبات

إذا وضعت أصيص بإدرات على أسكفة النافذة، فإن البادرات تنحني باتجاه الضوء. ويحدث ذلك لأن الهormونات المعززة للنماء تتجمع على جانب العنق البعيد عن الضوء فينحني. الهormونات النباتية تحكم النمو والتطور غالبا. بعض الهormونات يبطئ نمو النبات؛ وهormونات أخرى تجعل الأوراق تسقط في الخريف.

نخل الغسل (أبيس مليغرا)



حلقات التظيم الراجع (التغذية المرتدة)

الإنسولين والغلوكاجون هormونان يتحكمان في مستوى الغلوكوز في الدم. فالإنسولين يخفض مستوى غلوكوز الدم، بينما الغلوكاجون يرفعه. هذان الهormونان يشكلان حلقة تظيم راجع، لأن كلا منهما يؤثر في (ويتأثر ب) ما يفعله الآخر.

الاتصالات الكيماوية

بعض الحيوانات تطلق كيماويات، تدعى فيرومونات، تتواصل بها بعضها مع بعض. فالحشرات الاجتماعية، كالنحل والنمل والأرض، توصل فيرومونات، بعضها إلى بعض، عبر الهواء أو باللمس. فملكة النحل مثلا تحكم النحبة (خلية النحل) بالفيرمونات التي تطلقها.

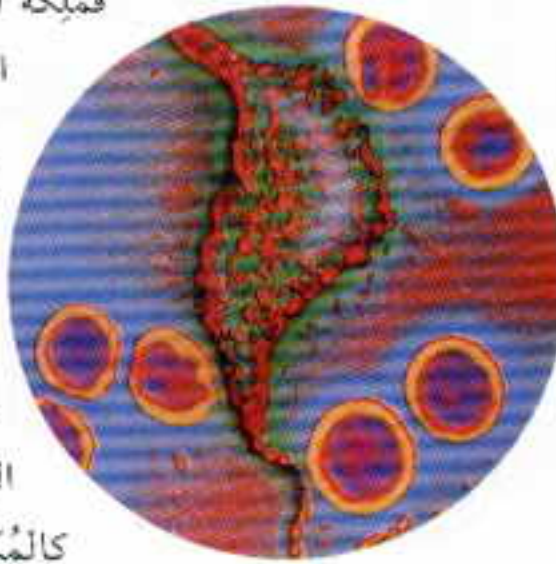


ملكة النحل

الدفاعات

المتحركة

كريات الدم البيض هي حرس الجسم ضد الغزو. منها نوع بلعمي، كالمبيبة أعلاه تغمر وتلتهم



سيريا من البكتريا العقدية. هذه البلعميات تشغل عبر الدم والجسم وتبلغ الجراثيم. وفي الدم كريات بيض أخرى لمفاوية تصنع أجساما مضادة، وهي كيماويات بروتينية، تلتصق بالغازيات وتقتضي عليها.

مكافحة الأمراض

جسم الإنسان موئل مثالي للمتعصبات المجهرية، كالبكتريا، لأنه يوفر لها الدفء والغذاء. وللمحافظة على استقراره الداخلي يستخدم الجسم نظاما المناعي لمكافحة تلك الجراثيم. والجهازان الدموي واللمفي عظيم الأهمية في هذا المجال. فكثير من الجراثيم التي تدخل الجسم تغمرها كريات الدم البيض وتبتلعها؛ وكثير سواها تهاجمها بروتينات نظام المناعة المعروفة بالأجسام المضادة وتبيدها. والنظام المناعي يسهل عليه القضاء على هذه الجراثيم فيما لو عادت لمهاجمة الجسم ثانية بفضل استجابته الذاكرة لتركيبها الكيماوي؛ ويعرف هذا بالمناعة التحصينية.



كلود برنار

كان العالم الفرنسي، كلود برنار (١٨١٣-١٨٧٨)، من أوائل الذين درسوا الفسيولوجية (علم وظائف الأعضاء)، وتعرفوا تكامل عمل أعضاء الجسم في المحافظة على استقرار بيئته الباطنية. فقد اكتشف أن الغلوكوز، الذي هو المصدر الرئيسي للطاقة في الجسم، يُخزن في الكبد كجليكوجين، ثم يُطلق عند حاجة الجسم إليه. كما درس عملية الهضم، وتأثير العقاقير على وظائف الجسم والجملّة العصبية.

لمزيد من المعلومات انظر

- الجراثيم (البكتريا) ص ٣١٣
- التنفس الخلوي ص ٢٤٦
- الدم ص ٣٤٨
- النمو ومراحله ص ٣٦٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

الهياكل الداعمة

السرطان النضوي ذو دُرْع مُقَبَّب يَغطِّي رأسه - بحيث العينان في أعلاه، والأرجل بأسفله. وينسلخ السرطان كلما نما.

ذئب شوكي

البطن

يتألف جسم الفئّة الأرجل من شُدْب كثيرة تتفصل وأجدها بالأخرى فتتيح للحيوان التلوي والالتفاف. ولا بُد لهذه المفصليّات من الانسلاخ كي تنمو.

العيش المُعلَب

الهيكل الخارجي له ميزاته الإيجابية والسلبية. فمن حسناته أنه يحمي صاحبه من الأذى،

ويجعل من العسير على المُتعضّيات المُمرضة مهاجمته. وفي الحيوانات البرية العيش يساعده الهيكل الخارجي في عدم تخفاف الجسم. أمّا الميزتان السلبيتان للهيكل الخارجي فهما كونه ثَقِيلاً أحياناً، وبخاصة على البر؛ كما إن من الضروري إطراره مع نماء صاحبه في بعض الحيوانات. وخلال عملية الانسلاخ يتفكك الهيكل الخارجي، ويتفكك الحيوان منه، كاشفاً هيكله الجديد الطريّ تحته. وعلى الحيوان حينئذ أن يَحْتَمِي في مكان آمن تجنّباً لأعدائه حتى ينمو هيكله العُض ويَتصلّب.

مفاصل الخلب

خُنُفساء كُرْكَدِيّة

تتألف المفاصل من نسيج مرِن يُتيح للحيوان تحريك أقسام جسمه المُختلفة بسهولة.

أرجل الخُنُفساء مُغطّاة بصفائح الكيتين الصلبة كبقية جسمها. وتتصلّب العضلات التي تُحرّك الأرجل بداخل صفائح الشُدْب التي تليها.

عضلة

مُفصّل مرِن

بلح البحر المحاريّة، بخلاف الحشرات والقشريّات، ليست بحاجة إلى الانسلاخ، لأنّ اصداقها تكبُر مع نماء الجسم.

الهيكل يسند جسد الحيوان، ويؤلّف إطار دَعْم يَحْمِيهِ ويحافظ على شكله، كما يُوفّر للعضلات مُرتكزاً تَشُدُّ إليه. مُعظم الحيوانات المألوفة ذات هياكل داعمة من مادّة صلبة كالعظم أو المحار، وكلّما كَبُر حَجْمُ الحيوان ووزنه تزداد حاجته إلى هيكل دَعْم أقوى وأمتن. والكثير من الحيوانات الصغيرة لها أيضاً هياكل داعمة، لكنّها ليست بالضرورة صلبة الأجزاء دائماً. فدودة الأرض مثلاً، عديمة العظم، وهي تدعّم جسمها بالضغط الباطني؛ حيث تضغط موائع الجسم على الجلد، كما الهواء داخل إطار مطاطي، كهيكلي هيدروستاتي يُمكنها من الانجحار في التربة.

الهياكل الخارجية

الكثير من اللافقاريّات ذات هيكل سطحيّ يتألف من قشرة صلبة تدعّم الجسم من الخارج. ففي الحشرات والمفصليّات الأخرى يتكوّن الهيكل الخارجي من صفائح جاسئة مرنة التَّمفُّصل فيما بينها. وهذه الصفائح لا تتغيّر حجمها بعد التكوّن. لذا تَطْرَح الحشرة هيكلها الخارجي كلّما نَمَتْ، وتُخلَق هيكلًا آخر. وفي الخنافس يَطْوِي الجناحان الأماميان، كجنيحات عمديّة فوق الجناحين الخلفيين الرقيقين ويحيويهما.

أقرون من الكيتين صلبة جداً

مفاصل الرجل

طبقات الكيتين مُتراصة بعضها فوق بعض.

الكيتين

تتألف هياكل الحشرات الخارجية من مادّة قَرِيّة تُدعى الكيتين، مُتراصة في طبقات تتعارض أليافها المتوازية فتجعل الهيكل الخارجي شديداً المتانة.

الدعم في النبات وفي المتعضيات الوحيدة الخلية

الخلايا النباتية جميعها مدعمة بالسليولوز؛ ويحوي الكثير من الخلايا الحشبيّة أيضاً مادّة عاسية تُدعى الخشب (اللجنين). وبفضل هذا الدعم المكين تظلّ الأشجار قائمة مُنتصبّة. وتكوّن الطحليّات البحريّة الوحيدة الخلية، من المشطورات (الدياتوميّات)، هياكل جميلة من السليكا (المعدن الذي يتألف منه الرَّمْل)؛ وتختلف أشكال هذه الهياكل من نوع لآخر.

أشجار النخيل

مشطورات (دياتوميّات)

شفة المحارة

طرف المحارة المُستويق

محارة أقدم ذات لفات أكثر

محارة ناشئة قليلة اللفات

المحار

الرُخويات إجمالاً ذات هياكل خارجية صلبة هي محارها. وتتألف هذه المحارات أو الأصداف من كربونات الكالسيوم المعدنيّة. ومع نماء

الحيوان الرُخوي، يستمر في إضافة المعدن إلى شفة محارته، فتكبر تدريجياً وتزيد لفاتها وتتسع فُسْحَتها الداخلية. وهكذا يستطيع الحيوان الرُخوي الاحتفاظ بهيكليّه الخارجي طوال حياته، دون أن يطرحه كما تفعل الحشرات والقشريّات.

الهياكل الداخلية

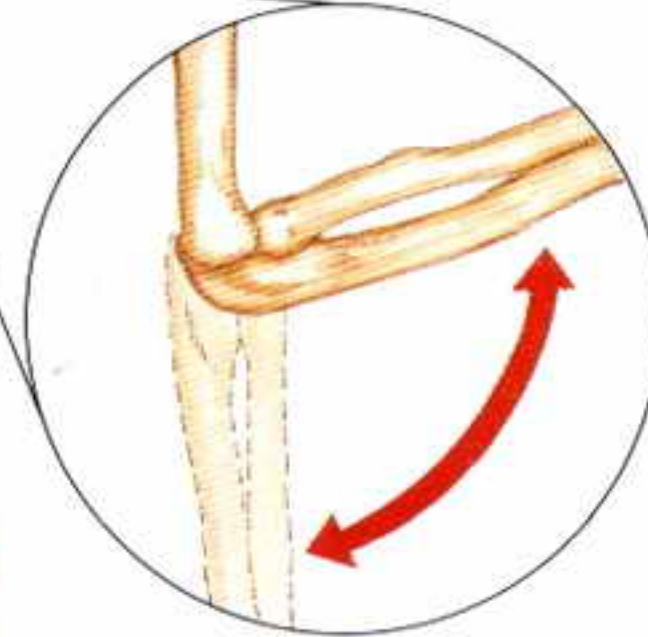
الإنسان، كسائر الفقاريات الأخرى، ذو هيكل غائر يدعم الجسم من الداخل. والهياكل الداخلية في معظمها تتألف من عظام وعضروف، فيوفر العظم المتانة والقوة، بينما يتيح غضروف المفاصل انزلاق العظام بعضها فوق بعض أثناء الحركة. يتألف هيكل الإنسان من ٢٠٦ عظام تتراوح حجمًا بين عظم الفخذ الضخم والعظيمات الدقيقة في الأذن المتوسطة. وبخلاف الهياكل السطحية في الحشرات وسواها، فإن هيكل الإنسان ينمو داخليًا متساوياً مع نماء الجسم.

المفاصل

المفاصل هي مناطق ألتقاء العظام المختلفة. والمفاصل في معظمها تسمح بالحركة، بشكل أو بآخر، بفضل طبقة غضروفية ملساء تغطي رؤوس العظام، ويتركها في الحركة سائل زليلي خاص. والمفاصل بكامله محاطة بمحفظة غشائية ليفية متينة.

المفاصل الززئية

المرفق (كما الركبة) مفصل ززئي أحادي اتجاه الحركة - يترجح صعودًا وهبوطًا فقط، وليس من جانب لآخر.



الطبقة الخارجية الصلبة لعظم مدمج

طبقة داخلية من العظم الإسفنجي تحوي نقيًا أحمر

النقي الأصفر يختزن الدهن

باطن العظم

العظم نسيج حيّ يحوي عدة أنواع من الخلايا.

وبعض خلاياه تحيط نفسها ببلورات من الأملاح المعدنية تجعل العظم صلبًا جاسيًا. وتحوي العظام القنوال في داخلها النقي حيث تولد كريات الدم وتختزن الدهون.

أضلاع الأفعى لا تلتف الجانب السفلي من جسمها، مما يسمح لجلد البطن بالامتطاط عندما تتبلع الأفعى وجبة ضخمة.

عظام جمجمة الأفعى أكثرها رخو التماسك؛ بحيث يتغير شكل الرأس عند ابتلاع الأفعى حيوانًا أكبر من رأسها.



العمود الفقاري في الأفعى يتطوى على ذاته.

القيحف (الجمجمة)

الفك السفلي

الترقوة

لوخ الكتف

العصء

فقرات (العمود الفقاري)

العجز

الخوض

الكعبرة

الزند

الرأسع

السلاحيات

الغضفص

عظم الغانة

عظم الفخذ

السنع (مشط اليد)

الرؤفة

الطنوب

الشظية

الرأسع (عظام الكاحل)

مشط القدم

هياكل لا عظام فيها

الهياكل البشرية في أرجلها الجنينية الأولى غضروفية يكاملها. وتتغطم غضاريف الهيكل تدريجيًا حتى حوالي سن ال ٢٥ من العمر. أما أسماك القرش والسفنين فلا تتغطم هياكلها الغضروفية مطلقًا. ولكونها مائية العيش فالغضروف وحده كافٍ لتدعيم أجسامها.

هيكل عديم الأرجل

يكاد هيكل الأفعى يقتصر على جمجمة وعمود فقري وأضلاع. ويحوي عمودها الفقري مئات الفقرات، وعددًا ضخمًا من المفاصل يسمح كل واحد منها ببعض الشني مما يجعل الجسم بمجموعه قابلاً للتحوي والتطوي. والأفاعي عديمة عظام الأطراف حتى إن معظمها فقد كل أثر لعظام الكتف والخوض.

خط الدرز حيث تلتقي العظام

عظم الجبهة

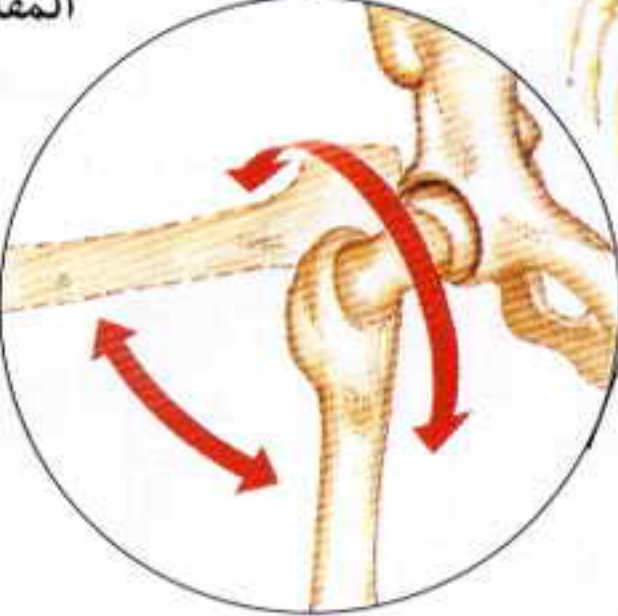
مندمجان

المفاصل الثابتة

بعض المفاصل مرتجة لا يمكنها الحركة؛ كما في مفاصل عظام الجمجمة التي تحمي الدماغ. في بدء نشئها تكون عظام الجمجمة منفصلة، ثم تنامي تدريجيًا لتتصل وتتماسك معًا بخطوط متعرجة تدعى خطوط الدرز. أما عظام الجبهة فيندمجان تمامًا لمزيد من القوة.

المفاصل الحقيّة الكروية

مفصلا الورك والكتف يسمحان بالحركة في كل اتجاه تقريبًا. فكل منهما يحوي عظمًا طويلًا، ينتهي بكرة، وحقًا يوانم تلك الكرة. ويشد العظمين معًا ألياف غليظة متينة تدعى الأربطة.



الجمجمة

زعنفة صدرية

الجزام

الهيكل الغضروفي للسفنين

فقرات

لمزيد من المعلومات انظر

- المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- المفصليات ص ٣٢٢
- العضلات ص ٣٥٥
- الحركة ص ٣٥٦

الجلد

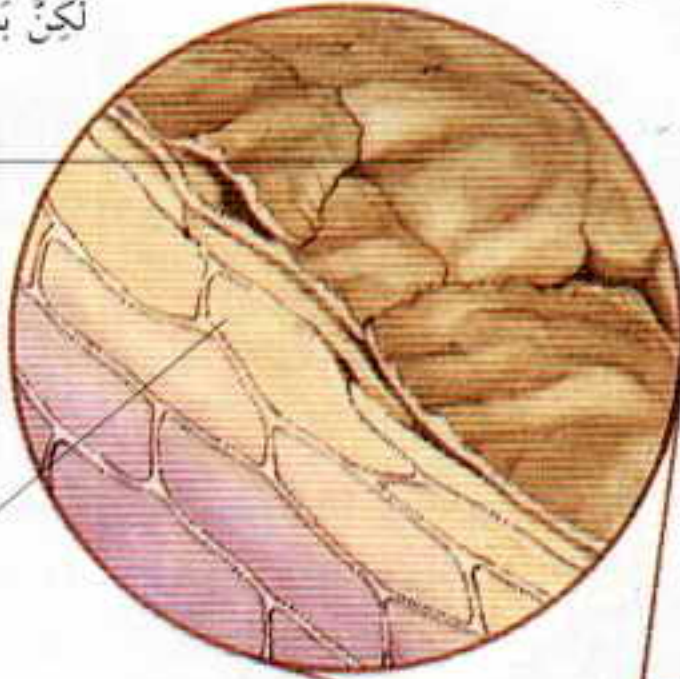


الاغتذاء بالجلد

يَطْرَحُ الناسُ ملايينَ الخلايا الميتة من سطح جلودهم يوميًا؛ فتمتزج مع الغبار وتوفرُ غذاءً لغث الغبار المنزلي الدقيق. هذه الغث غير مؤذية عادة، لكن بعض الناس يَرجون بدزفها.

خلايا السطح تتأكل تدريجيًا فتُحل محلها خلايا جديدة من الأسفل. وتدوم الخلية قرابة أربعة أسابيع.

عمق الطبقة الميتة حوالي ٢٥ خلية.



الشعر والأظافر والمخالب والحوافر والريش تتألف جميعها من بروتين الكيراتين.

الغضلة ناصبة الشعر

غدة زهمية (دهنية)

مسَم

البشرة

طبقة مفردة من الخلايا الدائمة الانقسام

الأدمة

يتوسع الوعاء الشعري عند

احمرار الوجه

خجلًا أو القيام

بتمارين مُجهدة.

وعاء دموي

غدة عرقية

جُرَيْث شعري

أعصاب

طبقة الخلايا الدهنية تُسهم في الحفاظ على دفء الجسم.

مقطع عبر الجلد البشري

التجاعيد (الغضون)

إذا قَرَصْتَ جلدك ثم خَلَيْتَهُ، فسرعان ما يرتد مُستعيدًا شكله. وهذا عائد إلى أن أدمة الجلد تحوي بروتينات تَمْتَصُّ كالمنقاط. لكن مع تقدّم السن يفقد الجلد مرونته، وتأخذ التجاعيد بالظهور.

الحراشف

الحراشف المترابكة تغطي الجلد في معظم الأسماك لحماية هذه الحراشف تنمو من الأدمة، وتتألف من عظم وأنسجة أخرى. معظم الأسماك العظمية ذات حراشف مُستديرة تجعلها صعبةً لمسّاء، بينما حراشف سمك القرش صغيرة مدببة تُكسب جلودها نسجَةً مُرملة كورق السفرة.



تنزلق الحراشف المترابكة بعضها فوق بعض فيبقى جلد السمك مرنًا نوعًا رغم غطائه الصلب.

بصمات الأصابع

الجلد على راحتي يديك وأخمصي قدميك تُحرّزه حُبُود دقيقة تُكسب الجلد قبضة أفضل لأمساك الأشياء. إن نمط هذه الحُبُود فريدٌ مُتميز، يكبرُ بنموه، لكن شكله يظل ثابتًا لا يتغير.



باطن الجلد

يتألف الجلد من طبقتين هما البشرة والأدمة. فالبشرة هي الطبقة الخارجية، وتتواجد في قاعدتها طبقة مفردة من الخلايا الدائمة الانقسام. وخلال انضغاطها ضعدًا، تموت الخلايا الجديدة مُكونةً على سطح الجلد طبقةً متينة. أما الأدمة وهي الطبقة السفلية فأتخن من البشرة بكثير، وتحتوي أليافًا مرنة تُكسب الجلد مَطاوِيةً. كما تحوي أيضًا جُريبات الشعر والأوعية الدموية ونهايات الأعصاب الحساسة والدهن، إضافةً إلى الغدد العرقية. وهذه الغدد تبعث إفرازها الزيتي إلى سطح الجلد عبر مسامه، فتُبقيهِ طريًا.



لون الجلد

بعض الحيوانات تستطيع تغيير لون جلدِها. فالجبار (السبيدج) مثلاً، يُغيّر لونه بتغيير حجم فطريات خاصة في جلده. أما البشر فتُكسب جلودهم لونها من خضيب يُدعى القتامين (أو الميلانين)، يتكوّن تحت سطح الجلد مباشرةً. وتحوي جلود بعض الناس خضيب الكاروتين أيضًا في الأدمة. وهكذا فإن جلود البشر لا تختلف إلا بكمية الخضيب التي تحتويها.

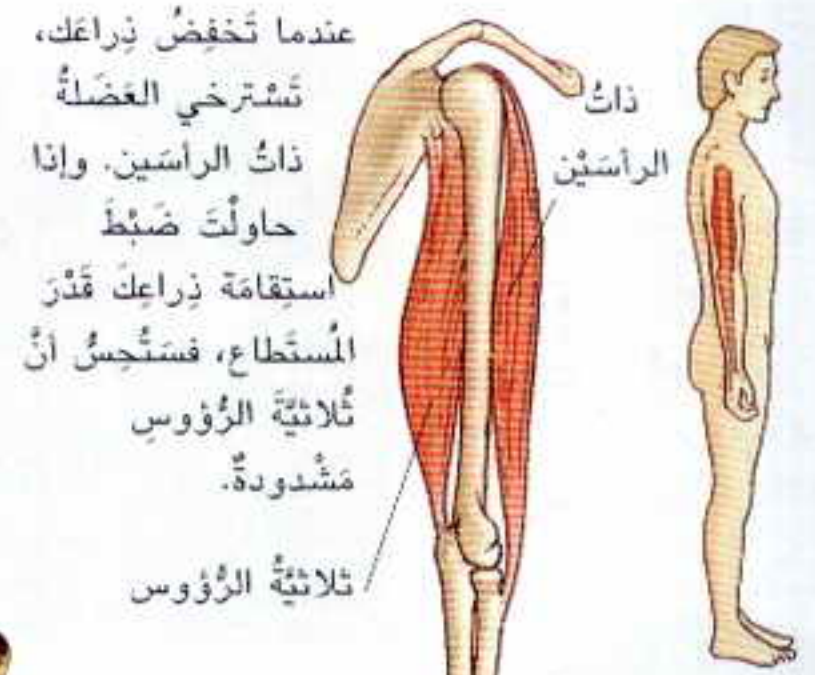
لمزيد من المعلومات انظر

- انتقال الحرارة ص ١٤٢
- الرّخويات ص ٣٢٤
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- الطيور ص ٣٣٢
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠

العَضَلات

العَضَلات البشريّة

يحتوي جسم الإنسان حوالي ٦٦٠ عضلة إرادية، يسري فيها مدد وافر من الدّم، فيوفر لها الأكسجين والغلوكون. والعضلات تسخن بالانقباض، فتدّ الجسم بحوالي أربعة أخماس طاقته الحراريّة.



الحركات التي يقوم بها رُوح واحد من العضلات قليلة جدًا؛ فمعظم الحركات تقتضي عمل عدّة عضلات معًا، فالتبّع مثلاً، يتطلب عمل ست عضلات على الأقل.

عضلة إرادية بشريّة

لييفة عضليّة

لييفة عضليّة

بنية العضل

تتألف العضلة من ألياف متعدّدة منظمّة في حزم. كل ليفة عضليّة هي خلية واحدة؛ والخلايا العضليّة غير عاديّة لأنها تحوي عدّة نوى، وقد تتجاوز السنتيمتر طولاً.

وتتألف الألياف (الخلايا) من خيوط أصغر تدعى اللييفات، تحوي كيماويات ينزلق بعضها عبر بعض فتسبب انقباض العضل.



بطليوس

خشيش الصدفة

(كوليبيلا)

سيبلا

تنفيذ الحركة

حالما يهّم الضفدع بالقفز، يبرق الدماغ إشارات عبر أعصابها إلى عضلات رجليها، فتقبض الألياف العضليّة توتاً وتتم عملية القفز. بعض الألياف العضليّة يتقلص بينما يسترخي بعضها الآخر حتى والضفدع ساكن لا يتحرك. وهذا يقي العضلات مشدّة (سوية التوتر) ويحفظ الجسم صحيحاً نبطاً. التوتر العضلي السوي مهم جداً في أجسادنا نحن أيضاً، ويتحسن بالتمارين المنتظمة.



انقباض (أو تقلص) العضل

تحتوي اللييفة العضليّة عنقيد من بروتينين مختلفين هما الأكتين والميوسين، يتألف كل منهما من خيوط منفصلة موضوعة في طبقات مترابطة. فعند استرخاء اللييفة العضليّة تترابك خيوط الأكتين والميوسين قليلاً. أما إذا استجبت اللييفة بإشارة كهربائيّة من عصب، فإن خيوط الميوسين تنجذب نحو خيوط الأكتين فتزلق عابرة بعضها بعضاً؛ فتتقصر اللييفة العضليّة وتتقلص العضلة.



انعقال العضل

إذا رفعت وزناً ثقيلاً، فسرعان ما تتعب ذراعك. لكن عندما تنقبض عضلة القدم في البطليوس التي يتمسك بها في موقعه، فإنها تنقل دونما حاجة إلى مزيد من الطاقة لتظل متقلصة؛ رغم أنها تحتاج طاقة لئلا الانعقال. وهذا ضرب خاص من العضلات الإرادية يُسمى العضل القابضة.



لويجي غلفاني

عالم التشريح الإيطالي، لويجي غلفاني (١٧٣٧-١٧٩٨)، اكتشف عرضاً أن رجلي ضفدع ميت تتقلص عند تعليقهما في إطار حديدي بدبايس نحاسية. فحسب غلفاني أن عضلات الضفدع هي التي ولدت الكهرباء التي سببت التقلص. لقد كان مُحققاً في ظنه أن الكهرباء تسببت في تحريك العضلات؛ لكن تولد الكهرباء، كان نتيجة تفاعل الفلزّين معاً. ونحن نعلم الآن، أن الإشارات الكهربائيّة في الأعصاب هي التي تسبب انقباض العضلات.



لمزيد من المعلومات انظر

- الخلايا والبطاريات ص ١٥٠
- الرخويات ص ٣٢٤
- البرمائيات ص ٣٢٨
- الخلايا ص ٣٣٨
- الدورة الدموية ص ٣٤٩
- الحركة ص ٣٥٦
- الأعصاب ص ٣٦٠

الحركة

الحركة من خصائص الحياة - حتى وأنت تجلس ساكنًا دون حراك، فإن الحركة مستمرة في أجزاء من جسمك. فالقلب يخفق لضخ الدم حول الجسم، والطعام يحرك عبر جهازك الهضمي. هذا النوع من الحركة لا إرادي يتم دون تدبير منك. والإنسان، كما سائر الحيوانات الأخرى، يستخدم الحركات الإرادية لتحريك جزء من جسمه، أو للانتقال بكامل جسمه من مكان إلى آخر. وتعتمد طريقة تنقل الحيوان على شكل جسمه وحجمه ونوع بيئته. نسيبًا، الحيوانات الصغيرة أسرع تحركًا من الحيوانات الكبيرة لأنها تولد قدرة أكثر بالنسبة إلى وزنها. فلو كان الصرصور بقدر الإنسان، فإن سرعته بالنسبة المقياسية ذاتها، تبلغ ١٤٠ كم/سا.

الحركة في النبات

بعض النباتات، كالأقحوان، تفتح أزهارها مع شروق الشمس وتغلقها عند المغيب. وتحدث حركة النوم بفعل تغيرات الضغط داخل خلايا النبات. والتفاف الأوراق النباتية، كما في البرسيم ونباتات أخرى من فصيلة البسلي، هو مظهر شائع آخر من مظاهر حركة النوم.



الأقحوان (بليس برييس) يغلق أزهاره عند غروب الشمس.

أثر مسار القوقع

القواقع والبراق ذات قدم أحادية ماصة محجمة الشكل. القدم العضلية تنقل تموجًا فترخف الحيوان قدمًا. ويفرز القوقع مخاطًا غرويًا يمكنه من التمسك بالسطوح الخشنة والتحرك فوقها.



قوقع البساتين (هليكس أسبرسا)

التنمّع

نحن نبلع لقم الطعام إراديًا بتقليص عضلات في مؤخرة الفم. أما حركتها في المريء وسائر فتاة الهضم، فتجري لا إراديًا بالتنمّع. ويتم ذلك بانقباض العضلات دوريًا لدفع محتويات القناة الهضمية على امتدادها ومزجها بالعصارات الهاضمة.



تنقبض العضلات دوريًا فتدفع المريء وتدفع الطعام قدمًا. بلعة من الطعام

يحدث التمعج عكسيًا عندما ترفض المعدة الطعام فيحصل القيء.

السير على أرجل

دوات الأرجل من الحيوانات تحرك أرجلها بنسق معين. فالإنسان يحرك رجله بالتناوب. ويسير الفهد بتحريك الرجل الأمامية اليمنى مع الرجل الخلفية اليسرى، ثم الأمامية اليسرى مع الخلفية اليمنى على التوالي. لكنه في العدو السريع يحرك رجله الأماميتين معًا ثم الخلفيتين معًا.



يترجع ذيل الفهد صعودًا ونزولًا لموازنة حركة أرجله.



تمتد أرجل الفهد بالكامل حتى تكاد تكون أفقية، ويتقوس عموده الفقري سفليًا. فهيكل الفهد ذو مرونة غير عادية.



الفهد (أسينونيكس جوباتوس) أسرع الحيوانات البرية. فقد تبلغ سرعته حوالي ١١٠ كم/سا بقفزات سريعة طويلة (حوالي ٧ أمتار).

التحرك بدون أرجل

تتحرك الحيات بطرق أربع مختلفة. في الطريقة الأكثر شيوعًا، تتحوى الحية بحركة ثعبانية، وتشد الحوايا على الأرض فتدفع الأفعى قدمًا. في الأماكن الضيقة، تثبت الأفعى ذيلها في الأرض، وتمد جسمها إلى الأمام، ثم يتبعه الذيل بحركة تموجية طويلة (أكوردونية). أما الحيات الثقيلة فتتحرك في خط مستقيم، يرفع وحفص حراشيف بطونها. وتتحرك بعض الحيات (الرميلية الموطن بخاصة) بحركة تلو جانبي، فتقذف ليات من الجسم إلى الأمام وتتبعها بقية الجسم.

تتحرك هذه الحية غير السامة الصفراوية التخطط (ثمنوبس سرتالس) بتمعج أفعواني.

العمود الفقري يتقوس إلى أعلى لتتقدم رجلا الفهد الخلفيتان أمامًا قدر المستطاع، وتكونان جاهزتين للقفزة التالية.



الطيران والسباحة

الطيران والسباحة وسيلتا الحركة عبر مائعتين مختلفتين تمامًا. تطير الحيوانات أو تسبح بدفع المانع إلى الخلف، فتندفع هي بقوة رد الفعل في الاتجاه المعاكس - إلى الأمام. إن كثافة الجسم في معظم الحيوانات السابحة مساو تقريبًا لكثافة الماء حولها فلا ترتفع ولا تغوص. أما في الحيوانات الطائرة فالجسم أكثر من الهواء بكثير؛ فلا بد لها من استخدام أجنحتها في تحليقها كما في تحريكها.



الطيران الانسيابي

جناح الطائرة، مُبَسِّطًا، أشبه بسطح انسياب رافع، يتلقى دفعا من أسفل إلى أعلى عندما يسري الهواء من فوقه. أثناء طيرانه الانسيابي، تشد الجاذبية الطائرة سفلًا، والرفع يدفعه صعدًا. تعتمد الطيور على الطيران الانسيابي لتقطع مسافات طويلة بجهد قليل، بخاصة في الهواء الدافئ الصاعد.

التوجيه أثناء الطيران

كثير من الحشرات الطائرة لها زوجان من الأجنحة. أما الطيَّار (النوع ثيولا) ودباب المنازلي فلها زوج واحد فقط. وقد تطور الجناحان الخلفيان إلى عضوين دقيقين دبوسيين يعرفان بدبوس التوازن. فهما، بتذبذبهما أثناء الطيران، يَتَجَنَّان إشارات عصبية تُبْقِي الحشرة في مسارها المحدد.



٣. خلال

خَفَقَةِ الْهَيْبُوطِ،

يَدْفَعُ الْجَنَاحَانِ الْهَوَاءَ سَفْلًا

وإلى الخلف.



٢. فِي خَفَقَةِ

الصُّعُودِ، يَرْفَعُ

الطَّائِرُ جَنَاحَيْهِ

حَتَّى يَكَادَ

يَتَمَاسَكَانِ.



١. جِسْمُ الْيَمَامَةِ مَشَبِّهُ يَخْفَضُ الْإِحْتِكَالَ بِالْهَوَاءِ أَثْنَاءَ الطَّيْرَانِ



الطَّيْرَانُ الْخَفَاق



السَّابِحَةُ

الدفع النفاث

يُخَوِي جِسْمُ الْحَبَّارِ الْكَبِيرِ (السِّيْدَج) تَجْوِيفًا مَلِيّنًا بِالْمَاءِ عَادَةً. يَسْتَطِيعُ الْحَبَّارُ تَقْلِيصُ هَذَا التَّجْوِيفِ بِسُرْعَةٍ فَائِقَةٍ فَيَنْبَسِجُ الْمَاءَ خَارِجًا عَبْرَ مَنَقَبٍ مُتَّعَبٍ. وَبِانْدِفَاقِ الْمَاءِ عَبْرَ هَذَا الْمَنَقَبِ، يَنْدَفِعُ الْحَبَّارُ فِي الْإِتِّجَاهِ الْمُضَادَّ. وَيُعَيَّرُ الْحَبَّارُ أَتَجَاهَهُ بِتَغْيِيرِ مَوْقِعِ مَنَقَبِهِ. وَبِطَرِيقَةِ الدَّفْعِ النَّفَاثِ هَذِهِ تَتَحَرَّكُ الْأَحْطَبُوطَاتُ وَالسِّيْدَجَاتُ الْأُخْرَى.



٢. يَدْفَعُ ذَيْلُ

كَلْبِ الْبَحْرِ وَجِسْمَهُ

الْمَاءَ إِلَى الْخَلْفِ فَيَنْدَفِعُ

هُوَ بِقُوَّةِ رَدِّ الْفِعْلِ إِلَى

الْأَمَامِ.

تُستخدَمُ الْهَلَامِيَّاتُ الْمَشَطِيَّةُ الْمُكَوَّرَةُ الْجَوْفِ هُدُنًا لِلتَّنَقُّلِ؛ كَمَا تُسَاعِدُهَا الْهُدُبُ عَلَى مَجَسَّاتِهَا فِي التَّقَاطُ الْجُسِيمَاتِ الْغِذَائِيَّةِ.



١. يَقْلَصُ كَلْبُ الْبَحْرِ السَّابِحَ الْغَضَلَاتِ فِي جَانِبِي الْجِسْمِ مُدَاوِرَةً، فَيَتَنَقَّلُ الْجِسْمُ مِنْ جَانِبٍ لِأُخَرَ.

اللاطئات

الْبَرَنْقِيلُ مِنَ الْقَشْرِيَّاتِ الْبَحْرِيَّةِ الْهُدَابِيَّةِ الْأَرْجُلِ يَلْتَصِقُ بِالسُّطُوحِ الصُّلْبَةِ وَيَعْتَزِي بِقِطْعِ الْغِذَاءِ الَّتِي تَجْمَعُهَا أَرْجُلُهُ الرَّيْشِيَّةُ الضَّارِبَةُ فِي الْمَاءِ. تَقْضِي الْبَرَنْقِيلَاتُ كَامِلَ حَيَاتِهَا فِي مَكَانٍ وَاحِدٍ كَسَائِرِ الْحَيَوَانَاتِ اللَّاطِئَةِ، لَكِنْ يَرْقَانِيَّتَاهَا تَتَنَقَّلُ سَابِحَةً أَوْ مُنْجَرِفَةً مِنْ مَكَانٍ إِلَى آخَرَ.



الطيران الخفاق

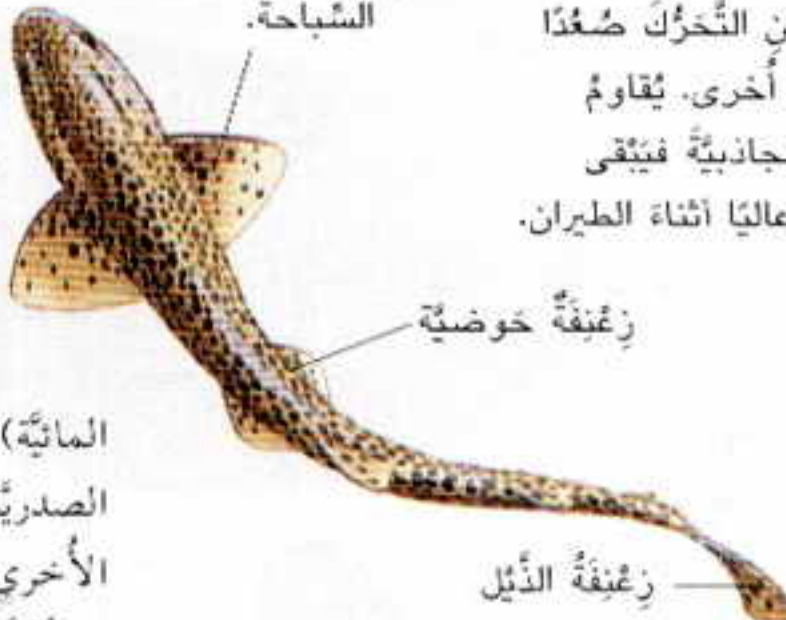
يُرْفَرُ الطَّائِرُ جَنَاحَيْهِ سَفْلًا وَخَلْفًا لِيَنْطَلِقَ فِي الْهَوَاءِ؛ وَبِانْطِلَاقِهِ يَتَوَلَّدُ الرَّفْعُ بِسَرِيانِ الْهَوَاءِ فَوْقَ جَنَاحَيْهِ، فَيَبْقَى مُرْتَفِعًا. وَإِذَا تَوَقَّفَ الطَّائِرُ عَنِ الْمُرْفَرَةِ تَبَاطَأَ سُرْعَتُهُ فَيَتَنَاقَصُ الرَّفْعُ وَيَبْدَأُ بِالْهَيْبُوطِ. تُسْتَخْدَمُ الطُّيُورُ الطَّيْرَانُ الْخَفَاقُ لِلانْطِلَاقِ بِسُرْعَةٍ أَوْ لِاتِّجَافٍ مُعَيَّنٍ.

٥. الْجَنَاحَانِ جَاهِزَانِ لِيُشَدَّ سَفْلًا بِوَاسِطَةِ غَضَلَاتٍ قَوِيَّةٍ فِي صَدْرِ الطَّائِرِ.

يُسْتَخْدَمُ كَلْبُ الْبَحْرِ زَغِيْفَتَيْهِ الصُّدْرِيَّتَيْنِ لِتَغْيِيرِ أَتِّجَافِ جِسْمِهِ أَثْنَاءَ السَّابِحَةِ.

السباحة

تَسْبَحُ السَّمَكَةُ بِدَفْعِ الْمَاءِ بِرَعَانِيَّتِهَا أَوْ بِكَامِلِ جِسْمِهَا. الْأَسْمَاكُ الْعُضْرُوقِيَّةُ فِي مُعْظِمِهَا، كَكَلْبِ الْبَحْرِ هَذَا، تُنْثِي أَجْسَامَهَا فِي السَّابِحَةِ. أَمَّا الْأَسْمَاكُ الْعَظْمِيَّةُ، كَالسَّمَكِ الذَّهَبِيِّ (سَمَكِ الْمَرَابِيِّ الْمَائِيَّةِ) فَتَنْدَفِعُ غَالِبًا بِالذَّيْلِ وَالزَّعَانِفِ الصَّدْرِيَّةِ فَقَطْ، مُسْتَخْدِمَةً الزَّعَانِفَ الْأُخْرَى لِلتَّوْجِيهِ. بَعْضُ الْأَسْمَاكِ كَالثَّوْنَةِ وَالْأَسْقَمَرِيِّ مُزَوَّدَةٌ بِمَجْمُوعَاتٍ غَضَلِيَّةٍ خَاصَّةٍ تُسْتَخْدَمُ فِي السَّرْعَاتِ الْمُفَاجِئَةِ.



التنقل الهدابي

الْهَلَامِيَّاتُ الْمَشَطِيَّةُ الْمُكَوَّرَةُ الْجَوْفِ عَدِيمَةُ الْأَرْجُلِ وَالزَّعَانِفِ. وَهِيَ تَتَنَقَّلُ بِحَقْقِ هُدَابَاتٍ شَعْرِيَّةٍ مَشَطِيَّةٍ تُسَقِّعُ كَالْمَجَازِفِ. وَهِيَ تُسْتَخْدَمُ هَذِهِ الْهُدُبُ أَيْضًا لِلتَّلَفُّوقِ قَائِمَةً عَلَى مَقَرَّةٍ مِنْ سَطْحِ الْمَاءِ.



لمزيد من المعلومات انظر

- السُرْعَةُ ص ١١٨
- القُوَّةُ وَالْحَرَكَةُ ص ١٢٠
- الرَّخَوِيَّاتُ ص ٣٢٤
- الْأَسْمَاكُ ص ٣٢٦
- الزَّوَاجِفُ ص ٣٣٠
- الطُّيُورُ ص ٣٣٢
- الْهَضْمُ ص ٣٤٥
- الغَضَلَاتُ ص ٣٥٥

الحواس

الحواس هي نوافذنا على العالم من حولنا - فكل ما يعرفه الشخص عن بيئته يأتيه عن طريق عيَّنه (البصر) وأذنيه (السمع) وأنفه (الشم) ولسانه (الدوق) وجلده (اللمس) - إضافة إلى حسه الداخلي الأحشائي الذي يُشعره بالجوع أو العطش أو المَغص مثلاً. فأعضاء الحس على اختلافها، تُرسل دَفَقًا من المعلومات عبر الأعصاب إلى الدماغ، الذي يتلقَّى الإشارات ويردُّ بالاستجابة المناسبة لها. وتعتمد الحيوانات المُختلفة على حواسٍ مُختلفة تبعاً لطرائق حياتها. فبعضها، كالقِطط، يَتميّز ببصرٍ ثاقِبٍ وسمعٍ مُرهَفٍ؛ في حين تَتميّز حيوانات أخرى، كالكلاب، بحاسة شمٍ حادّة. هذا وتَعرَّف بعض الحيوانات مُحيطها بإحساسات الضَّغط والحرارة وحتى الكهرباء.



جُملة حواس

يتكلَّم الناس في العادة عن حواسٍ خَمسٍ. والواقع أن الحواس أكثر من ذلك بكثير؛ فاللمس وحده يَشمَل عدّة حواس - إذ إن نهايات الأعصاب الخاصّة في الجلد حساسة للضغط والألم والحرارة والبرودة. كما إنك تُحسُّ بمواقع ذراعيك ورجليك وأوضاعها - إضافة إلى حس التوازن الذي يُبقيك مُنتصبًا.

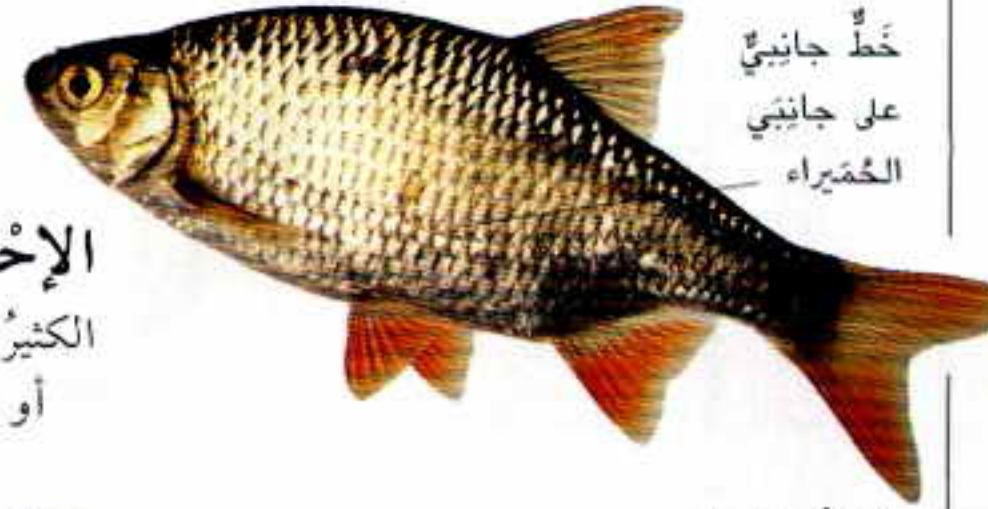
الكلب الهليّة

في الظلمة، قد تدور في المنزل ماذا ذراعك أمامك لتتَحسَّس طريقك. والحيوانات الأخرى، كهذا الشَّيْهَم القُتْراني (هستركس أفريكوسترالس)، تتَحسَّس طريقها بَكلِّها الهليّة - وهي شُعرات جاسئة طويلة في مُقدِّمة رأس الحيوان تعمل كعضو لمس يتَحسَّس العوائق في طريق الحيوان قبل الإرتطام بها.



الإحساس بالحركة والضغط

الكثير من أعضاء الحس قادرٌ على اكتشاف الحركة والضغط - لمسا أو صوتاً أو دُذْبَابٍ. فجسم الجُنْدَب في مُعظمه حساس لللمس، وبه أيضاً خلايا حساسة للذُّبَاب في الأرض، فتُنذِّره ليَقْفَز مُبتعداً من طريق حيوانٍ دابٍ. والصَّوتُ شكلٌ آخرٌ من أشكال الضغط يتَحسَّسه الجُنْدَب عبر أذنيه.



خَطَّ جانبيّ على جانبيّ الحُميراء

الخَطَّ الجانبيّ

يوجد في الكثير من الأسماك خَطٌّ من الخلايا الحساسة على جانبي الجسم يُدعى الخَطَّ الجانبيّ - من وظائفه اكتشاف التوجّات الضغطيّة المُتغيّلة عبر الماء وتحسُّس حركة الحيوانات الأخرى من حوله.

الإحساس بالضوء

عينا الجُنْدَب مُعقّدتا التركيب تتألّف واجدتهما من عُيُنَات مُعدّدة مُستقلّة العدسات، فتُنتِج صوراً دقيقة فسّيسيائية النمط يُوحدها الجُنْدَب ليرى العالم من حوله. أمّا عينا الإنسان فتعملان بطريقة مُختلفة. فكلُّ عين تحوي عدسة واحدة تُركّز الضوء على ستارة مُقوّسة من الخلايا العصبية الحساسة للضوء (تُدعى الشبكية) فتكوّن صورةً واحدة فقط.



قد تتواجد طَبَلتا أذني الجُنْدَب على جانبي البطن، أو على القسم السفلي من الرجلين.

الإحساس بالصوت

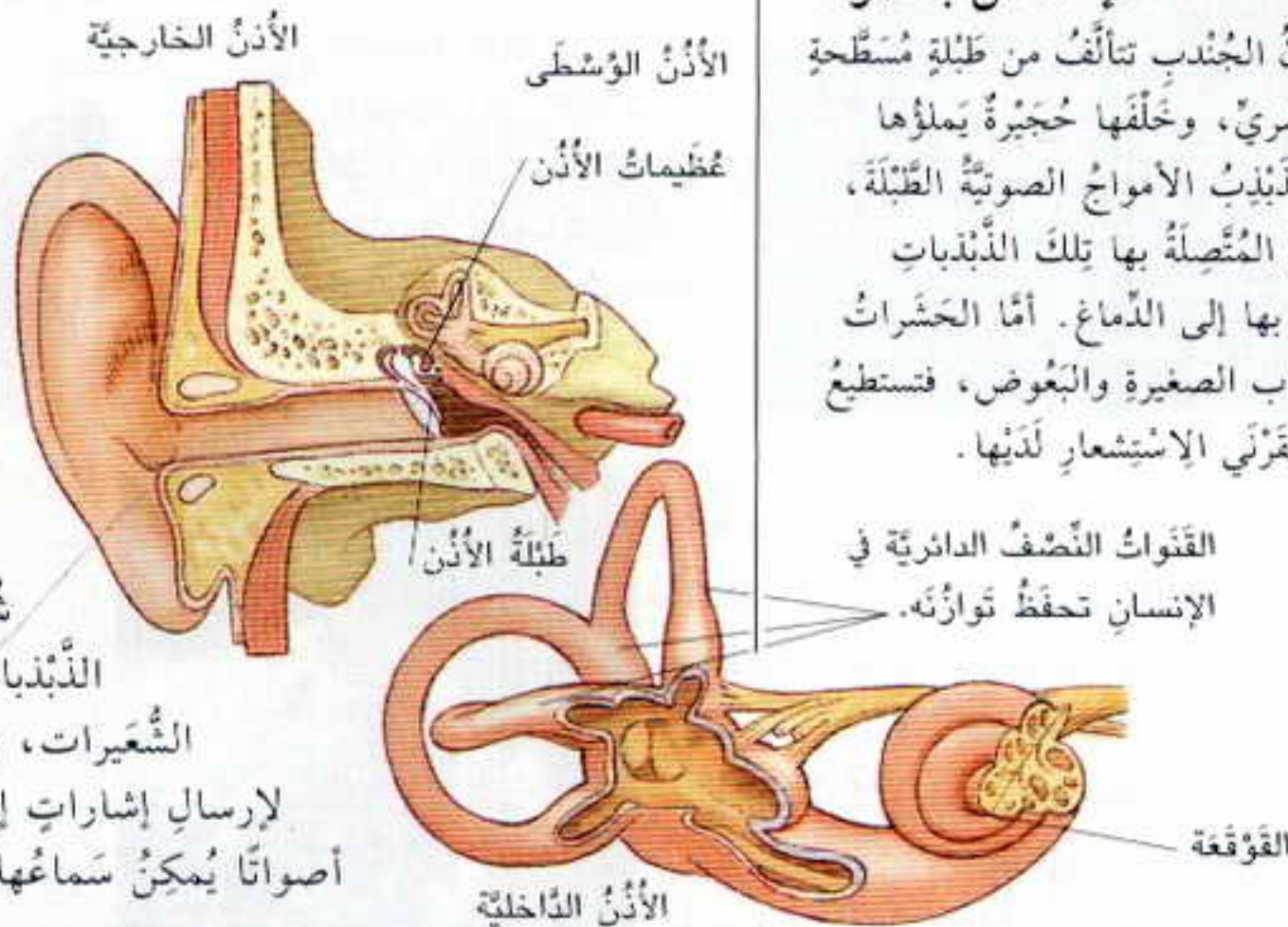
أذن الجُنْدَب تتألّف من طَبَلّة مُسطّحة على الغطاء القشري، وخلفها حُجيرة يملؤها الهواء. عندما تُذبذب الأمواج الصوتيّة الطَبَلّة، تتَحسُّس الخلايا المُتصلة بها تلك الذُّبَاب وتُرسل إشارات بها إلى الدماغ. أمّا الحشرات الصغيرة، كالذباب الصغيرة والبعوض، فتستطيع كَشَف الصوت بِقَرْنَي الاستشعار لديها.

مَجَسَّات الحس الجسديّة

ترتبط الصفائح الضلّية حول جسم الجُنْدَب بمفاصل مرّنة. وكلُّ مفصل مُزوّد بخلايا خاصّة على كلا جانبيه؛ وهي إمّا مُنظمة أو مُمتّطة، تبعاً لوضع المفصل. هذه الخلايا تُرسل إشارات إلى الدماغ، يتَحسُّس الجُنْدَب بواسطتها وضعية جسمه. ولدى الجُنْدَب أيضاً، ككل الحيوانات تقريباً، خلايا أخرى تُكشِف شدّ الجاذبيّة يَستبين بها الاتجاه إلى فوق.

أذن الإنسان

الأذن الخارجيّة في الإنسان تُوجّه الأمواج الصوتيّة إلى الطَبَلّة فتجعلها تتذبذب. فتنتقل العظيّمات الثلاث الدقيقة في الأذن الوسطى الذُّبَابَة إلى القوقعة، التي تحوي سائلاً وخلايا ذات شُعيرات خاصّة. فتنتقل الذُّبَابَات عبر السائل مُحرّكة الشُعيرات، ومُستجيئة الخلايا العصبية لإرسال إشارات إلى الدماغ. والدماغ يُحيلها أصواتاً يُمكن سَماعها.



الدّوق والشّم

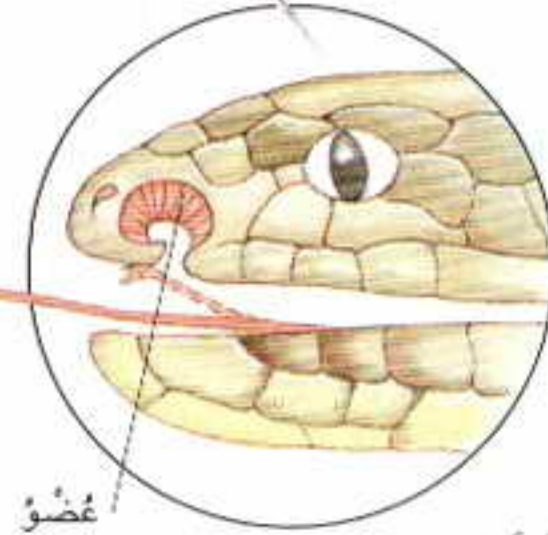
تُستخدم الحيوانات حاستيّ الدّوق والشّم لكشف الكيماويّات. فعندما تذوق شيئاً تتأثّر مجموعات من الخلايا المُهدّبة على اللّسان، تُدعى حليّمات الدّوق، بالكيماويّات المُذابة في الماء أو اللّعاب وتُرسل إشارات عصبية بها إلى الدّماغ. وكذلك حين تُشم تتأثّر خلايا في أعلى الأنف بالكيماويّات المُذابة في بطانة الأنف الرّطبة. حليّمات الدّوق حسّاسة لظُغوم الحلو والمُرّ والحامض والمالح فقط. أمّا النكهات والمذاقات المُتعدّدة الأخرى فهي مزيج من هذه المذاقات الأربعة. حاستا الدّوق والشّم مُترابطتان تَتَمَّمان بعضهما، لذا يتعدّد على المَرْكُوم تمييز نكهات الأطعمة المُتقاربة.



أفعى (فثيدابيزس)

عُضُو جاكوبسون

تَحَسُّسُ الحَيَّةِ الرّوائِحِ المُخْتَلِفَةِ في ثُقْرَةٍ في سَقْفِ الفَمِ تُدعى عُضُو جاكوبسون. تُلَوِّحُ الأفعى بلسانها لِتَلْقُطَ الكيماويّات من الهواء، ثُمَّ تَضَعُ ظَرْفَ لِسَانِهَا المُشْتَوِّقِ في عُضُو جاكوبسون، المُبْطِنِ بِخَلَايا خاصّة تَتَبَّنُ الكيماويّات المُلتَقِطَةَ من الهواء.



عُضُو جاكوبسون

الشّم

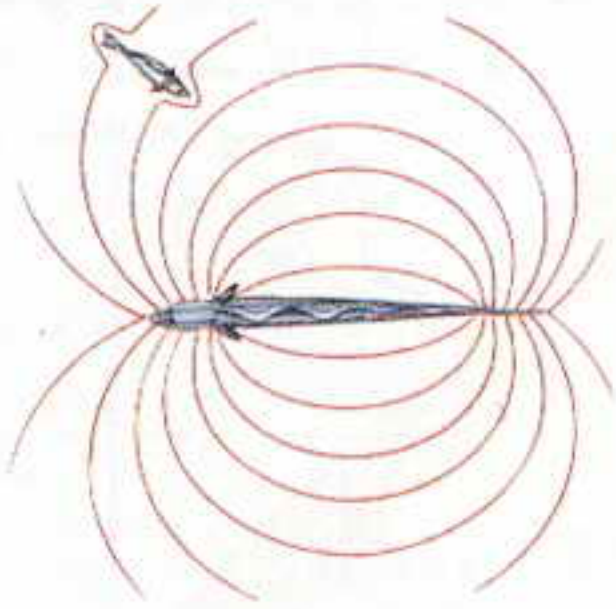
بعض الحيوانات تُستخدم الروائح لِتَتَّابِعَ إرسالاً واستقبالاً. فتترك الكلاب، مثلاً، روائِحها لِتَحَدّدَ مناطق نفوذها، أو لِشِّعْرِ الكلاب الأخرى بِوُجُودِها. وهي تُستخدم حاسة الشّم لِاستيعاب «صورة» عن العالم من حولها.

تتواجد مُعظم حليّمات الدّوق في ثَلَمٍ دقيقة على سطح اللّسان.



الدّوق حليّمات الدّوق المُخْتَلِفَةُ على لسان الحيوان تتحسّس

المذاقات المُخْتَلِفَةُ كالحلو والحامض. وتُمكن حاسة الدّوق الحيوان من تقرير ما إذا كان الشّيء صالحاً للأكل أم لا، فيختار الملائم من الأطعمة ويَتَجَنَّبُ الضارّ أو السامّ منها.



المجالات الكهربائيّة

الإبصار في المياه المُوجلة مُتعدّدٌ لِلغاية. يَعْضُ الأسماك من نوع جَمَنارَكوس تِلَوْتِكوس، تُستخدم مجالاً كهربياً، تُولِّدُه حَوْلِها عُضلات خاصّة فيها. فإذا ما اضطرب المجال، تستطيع السمكة تُعرِّفَ المُسبِّب، حَجْماً ومَوْقِعاً.



انطباق أوراق النبتة المُستجِبة قد يُنفِذُها من أن تُؤكل.

الحسّ في النبات

لَيْسَ لِلنباتات أعضاء حسّ خاصّة، لكنّها تستطيع الاستجابة لبيئة حولها. فجميع النباتات حسّاسة للضوء والجاذبيّة، وبعضها يتحسّس أيضاً للأجسام المُجاورة. فالنبتة المُستجِبة (ميموزا بوديكا) مثلاً جيّد على هذه الاستجابة إذ تُسرّع ما تنطبق أوراقها عندما تُمسّ.

و«تُحسّ» غنم النباتات المُعترِشة الأشياء، فتستجيب بتعليق النبتة بالإلتفاف حول الدعامّة التي تُمسّها.

غنم (أو معاليق) المُعترِشات، كنبته البسليّ هذه، هي أوراق مُخوِّرة خيوطاً للتعليق.



تقدير المسافات

الكثير من الحيوانات، بما فيها الإنسان، تُبصرُ بالعَيْنين ممّا يُتيح لها تقدير المسافات، لأنّ العينين الأماميّتين التوجّه تُكوِّنان صُورتين مُختلفتين قليلاً للجسم ذاته. هذا العنكبُ القفّارُ الضئيلُ القُدّ (ليسومايز فيريدس) له أربعة أزواج من العيون الكبيرة، بعضها يتجه جانبيّاً. لكن زوجاً منها أماميّ التوجّه، فيمكن العنكب من تقدير بُعد الفريسة قبل القفْز لِإلتقاطها.

قرنا الاستشعار في جُعلِ الجراج يُنتشران كالبرؤحة.

اجتذاب القرين

إنّات الحشرات غالباً ما تُعرِّف الذكور بِمواقِعها بابْتِعاث كميّات ضئيلة من الكيماويّات، تدعى الفيرومونات، تُنتشر في الهواء. ولما كانت ذُكُورُ النّوع حسّاسة لهذه الفيرومونات، فإنّها تَتَّبِعُ مَصَادِرَها لِإيجاد الإناث والتزاوج. ويتحسّس الذكور من جُعلِ الجراج (ملونتا ملونتا) فيرومونات الإناث بِقُرْنَيْ أَشْشِعارِهِ المُرَشَّتين.



لمزيد من المعلومات انظر

- إحداث الصّوت وسَماعُه ص ١٨٢
- الإبصار ص ٢٠٤
- المُفَصِّليّات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الجلد ص ٣٥٤
- الحركة ص ٣٥٦
- الأعصاب ص ٣٦٠
- الدّماغ ص ٣٦١

الأعصاب

حينما تتناول هذه الموسوعة لتقرأ، تحصل أشياء كثيرة بسرعة فائقة. فذراعاك تتهايان لحمل الكتاب ورفع بالقدرة المناسبة. وتنقبض عضلات ظهرك حتى لا يسقط جسمك إلى الأمام، كما تتكيف عضلات عينيك للتركيز على الصفحات أمامك. وكل هذه الترتيبات تتم بفضل الأعصاب. تتألف الأعصاب من حزم طويلة من الخلايا الرفيعة، تدعى العصبونات، تنقل الإشارات الكهربائية بسرعة: فالعصبونات الحسية تنقل الإشارات من مختلف أجزاء الجسم إلى الدماغ أو إلى النخاع الشوكي. والعصبونات المحركة تنقل الإشارات من الدماغ أو النخاع الشوكي إلى العضلات لجعلها تنقبض. ويربط بين هذين الضربين من الخلايا عصبونات مختلفة رابطة، إرسالاً واستجابة، تبعث الرسائل إلى الدماغ وتعيد الدفقات العصبية إلى العصبونات المحركة.

إذا تأذى إصبعك بشوكة أو شيء ساخن تنتقل الإشارات إلى النخاع الشوكي، لا إلى الدماغ، من أجل رد فعل فائق السرعة.

١. يشير الألم العصبوني الجسدي لينبثق إشارة.

كيف تعمل الأعصاب

في جهازك العصبي ثلاثة ضروب من العصبونات (الخلايا العصبية). فإذا لمست شيئاً مؤلماً، يتحسس الألم عصبون حسّي؛ فينقل هذا إشارة كهربائية إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي. وبدوره يمرر عصبون الرابط الإشارة إلى واحد أو أكثر من العصبونات المحركة، فتنبعث هذه يدك عن مصدر الألم. ويدعى هذا الضرب من رد الفعل الفائق السرعة منعكساً.

الجملة العصبية في الإنسان

تتألف الجملة العصبية في الإنسان من الجهاز العصبي المركزي (النخاع الشوكي والدماغ) والأعصاب المحيطية. وينسق الدماغ كل ما يقوم به الجسم. بعض الجملة العصبية إرادي يمكن التحكم به، والباقي يعمل تلقائياً، بحيث يتنظم عمل الجسم سلساً دون تدخلك.

الشبكات العصبية

أعصاب الدودة المسطحة تنتشر عبر جسمها في شبكة مترابطة. وتنبعث الأعصاب إشارات تجعل جسمها يتقلص موجياً فيمكنها السباحة.

الجهاز العصبي في الدودة المسطحة

الدودة مسطحة متوازية التخطط (بروشيسرايوس فيثاتوس)

أعصاب الحشرات

الجملة العصبية في الحشرات أبسط منها في الحيوانات العليا. فتتألف من دماغ وتجمعات من العصبونات، تعرف بالعقد العصبية، يترابط بعضها مع بعض بواسطة صفوف من الألياف العصبية.

لمزيد من المعلومات انظر
الديدان ص ٣٢١
المفصليات ص ٣٢٢
البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
العضلات ص ٣٥٥
الحواس ص ٣٥٨
الدماغ ص ٣٦١

الأعصاب العملاقة

دودة الأرض (الخُرطون) مجهزة بعصبونات عملاقة خاصة تمتد من الذيل إلى الرأس، وتنقل الإشارات بسرعة تزيد ٥٠ مرة عنها في بقية الأعصاب. فإذا نقر طائر ذيل الدودة، تنطلق الإشارات مسرعة على طول الأعصاب العملاقة، فتنبض الدودة تواء.

الجندب (جرادة)

الجهاز العصبي في الجندب

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون محرك

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

جسم الخلية في عصبون رابط

٢. تنطلق الإشارة على طول محور (ليف) العصبون. والمحاور أرفع بكثير من الشعرة، لكنه قد يكون طويلاً جداً؛ كالمحاور الممتدة على طول الذراعين أو الرجلين.

٣. تنتقل الإشارة إلى عصبون رابط في النخاع الشوكي.

٤. يمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٥. العصبون المحرك ينقل الإشارة إلى العضلات، فتنبعث اليد عن مصدر الألم.

٦. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٧. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٨. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٩. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٠. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١١. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٢. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٣. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٤. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٥. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٦. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٧. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٨. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

١٩. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

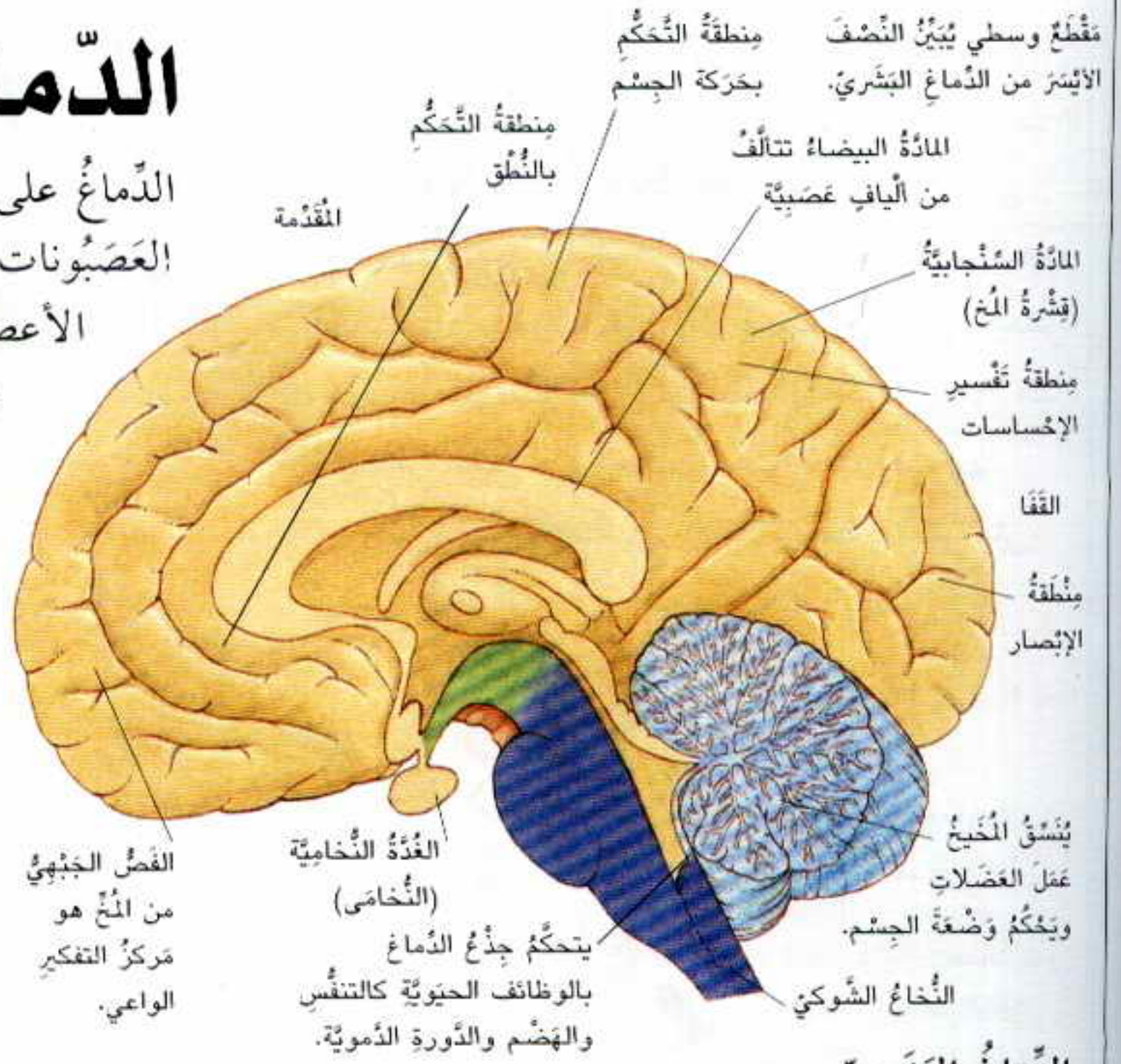
٢٠. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٢١. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

٢٢. تمرر عصبون الرابط الإشارة عبر مشبك (تماس) إلى عصبون محرك.

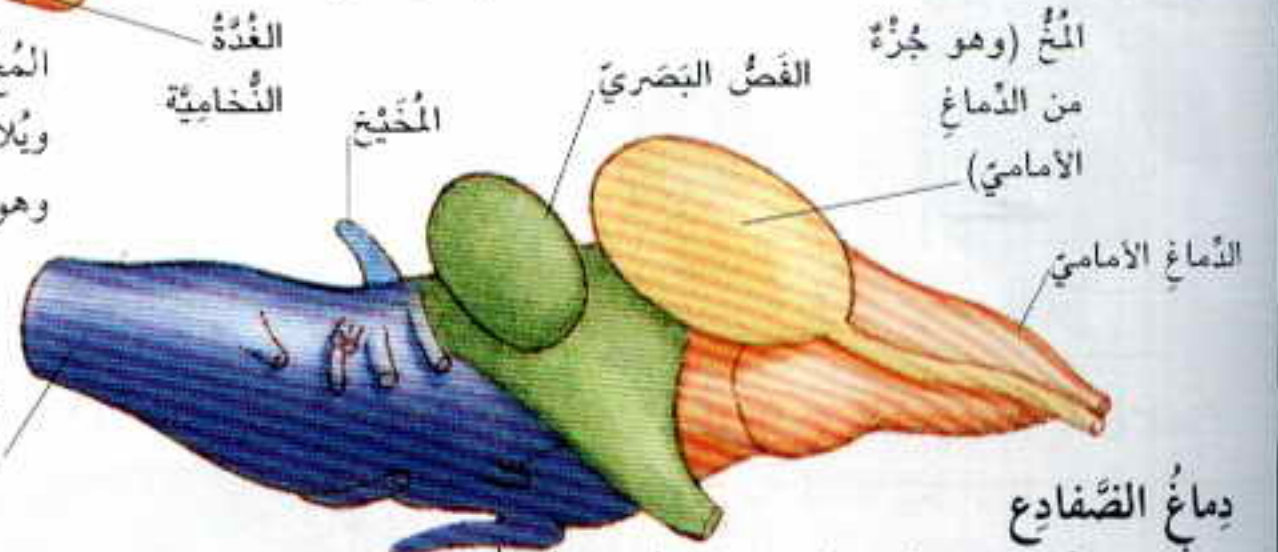
الدماغ

الدماغ على اتصال دائم بكل جزء من الجسم. وهو يحوي بلايين العصبونات (الخلايا العصبية) التي يترابط بعضها مع بعض ومع جميع الأعصاب في الجسم. يعرف العلماء الكثير عن العصبونات منفردة، لكن طريقة عمل الدماغ متكاملًا لما تتوضح لهم. وقد بدأ الخبراء حديثًا يستكشفون طرائق التفكير والتذكر. ومن المعروف الآن أن الدماغ البشري ينقسم إلى مناطق منفصلة، بعضها يتحكم بوظائف الجسم العامة، وبعضها يقوم بتنسيق ومساوغة الحركات أو تفهم الكلمات المسموعة. أنت، في اللحظة، تدرك وتعي ما تقوم به؛ لكن أثناء نومك ينغلق دماغك الواعي، فتتابع أجزاء أخرى من الدماغ استمرارية العمليات الحيوية ليقاها.



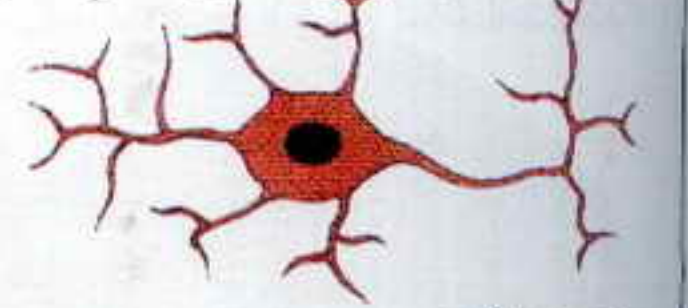
الدماغ البشري

ينقسم الدماغ البشري إلى ثلاثة أقسام رئيسية؛ إثنان منها، هما جذع الدماغ والمخيخ، يحددان وظائف الجسم الحيوية كالتنفس والهضم والدورة الدموية والوضعة. أما المخ، الأكبر كثيرًا، يشق الأيمن والأيسر فيعالج المعلومات والمعطيات؛ وهو مركز الإدراك والتفكير. يحوي دماغ الإنسان حوالي ١٠٠٠ بليون خلية عصبية عند الولادة؛ ويتضاءل هذا العدد ببطء مع تقدم السن لأن العصبونات تموت ولا يمكن استبدالها.



دماغ الضفادع

المخ في الضفادع صغير نسبيًا، والمخيخ ضئيل كذلك. لكن جذع الدماغ يؤلف حوالي نصف حجم الدماغ بكامله. الإبصار مهم جدًا للضفادع لأنها تفحص قرائنها بالبصر. فالضفادع البصريان، رغم أنهما أصغر مما هما عليه في الطيور، يؤلفان جزءًا رئيسيًا من مجمل الدماغ.



خلايا الدماغ

خلايا الدماغ يمكن أن تشابك مع أكثر من ٢٠٠,٠٠٠ خلية مجاورة. وإشارات الخلايا المجاورة إما أن تجعل مجموعة من الخلايا ترسل رسالة معينة (كأمر بلع الطعام مثلاً)، أو تمنعها من القيام بذلك (كأخذ نفس أثناء البلع).

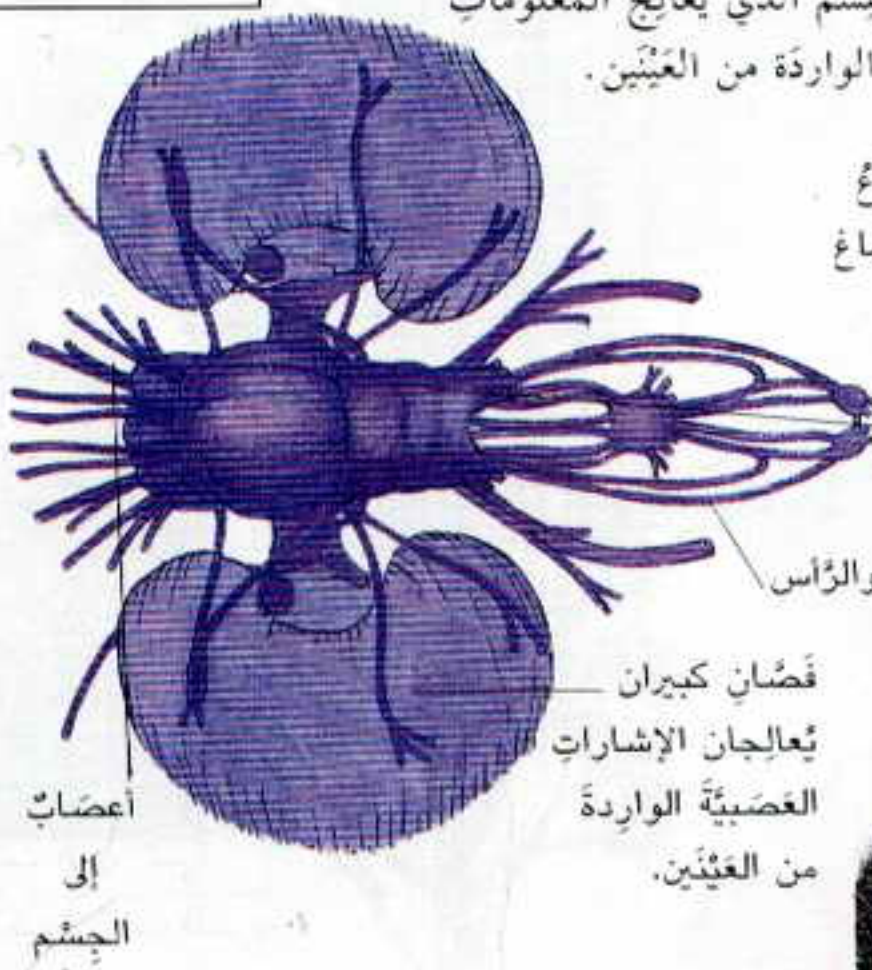


إيشان بافلوف

إشتهر الفسيولوجي الروسي بافلوف (١٨٤٩-١٩٣٦) بدراساته في المنعكسات. وكان عارفاً أن المنعكسات (ردود الفعل التلقائية) متصلة لدى كل الحيوانات. لكنه اكتشف أن منعكسات جديدة يمكن تعلمها بالإشراف. فقد علم الكلاب أن تتوقع الطعام بعد سماع جرس معين. وبعد فترة التدريب صارت الكلاب تروى استجابة لسماع الجرس حتى بغياب الطعام.

دماغ الأخطبوط

دماغ الأخطبوط من أكبر الأدمغة بين جميع اللافقاريات. ونمط بنيته يختلف تمامًا عن أدمغة الفقاريات باحتوائه عدة فصوص مترابطة. والأخطبوطات حادة البصر، والقسم الأكبر من دماغها يعالج الإشارات الواردة من العينين. ولقد أثبتت الاختبارات أن الأخطبوطات حيوانات ذكية، إذ تدبر أمر الوصول إلى الطعام، حتى ولو تطلب ذلك نزاع السداد من قبيلة غاطسة.



الغريزة والتعلم

طيور العرائش الكبير الذكر (كلاميديا نوكليس) يبني تعريشة رائعة من العيدان ويزينها بأشياء زاهية لإجذاب القرينة. وهو يقوم بهذا العمل المعقد غريزيًا، دون حاجة إلى تعلمه. فالغريزة نمط من السلوك الطبيعي الوراثي لا يتعلم.

لمزيد من المعلومات انظر

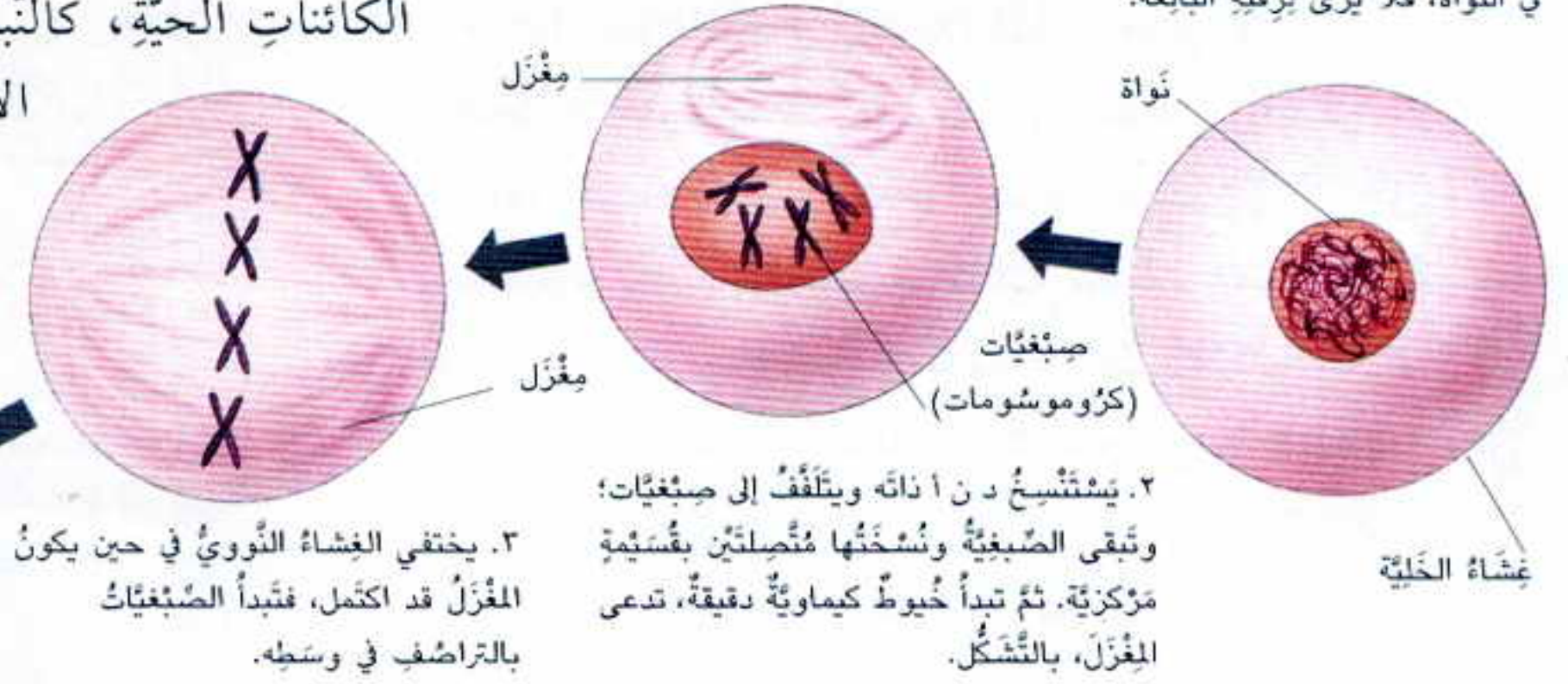
- الرخويات ص ٣٢٤
- البرمائيات ص ٣٢٨
- الطيور ص ٣٣٢
- الحواس ص ٣٥٨
- الأعصاب ص ٣٦٠

النمو والتطور

الكائنات الحية في معظمها تنمو وتكبر مع تقدم العمر. ولا يحدث ذلك بتضخم الخلايا، بل بتكاثرها. فعندما تبلغ الخلية حجماً معيناً، تستنسخ ذاتها لتنتج خليتين جديدتين تنشطان بدورهما لاحقاً - وهكذا تتراكم الخلايا وينمو الكائن أو الكائنات؛ ويُعرف هذا بالانقسام الخلوي. بعض الكائنات الحية، كالنبات، لا يتوقف عن النمو طوال حياته بمثل هذا

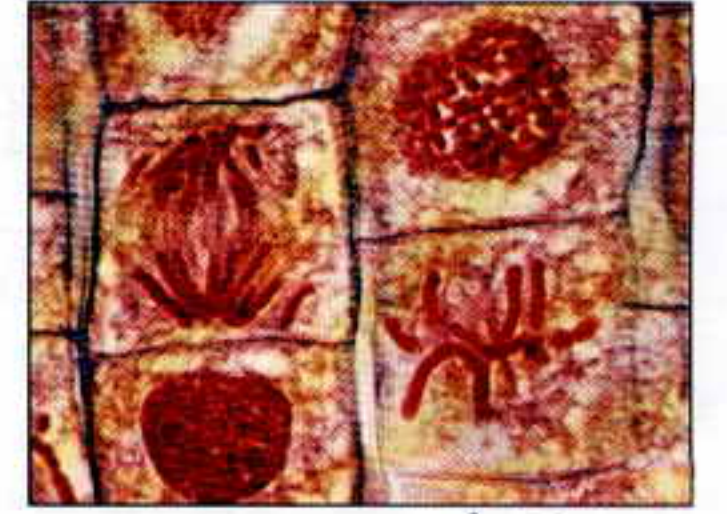
١. في معظم الأوقات، خلال الفترات ما بين الانقسامات الخلوية، ينتشر ما في الخلية من د ن أ (الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين) في النواة، فلا يرى لرقته البالغة.

الانقسام. لكن في معظم الحيوانات بما فيها الإنسان، تنقسم الخلايا ببطء أكثر متى اتخذ الجسم البالغ شكله النهائي.



الانقسام الخلوي

قبل انقسام الخلية، ينبغي أن تُضاعف الخلية صبغياتها (البنى الحيطية حاملة د ن أ). ثم تباعد الصبغيات المضاعفة مكونة نواتين جديدتين - ويُعرف هذا بالانقسام الفتيلي. عند اكتمال انقسام النواة تنقسم الخلية إلى خليتين متماثلتين تماماً؛ ويحدث هذا النوع من الانقسام للنمائي. وهناك انقسام من نوع آخر، يدعى المنصف أو الاختزالي، يسبق التكاثر الجنسي، ولا ينتج خلايا متماثلة تماماً.



الانقسام أخذ مجراه

في هذه الطبقة الرقيقة من جذر بصل، يحيط بكل خلية جدار خلوي. والصبغيات في الخلايا الجارية انقسامها ظاهرة بوضوح. أما في الخلايا الأخرى، فالصبغيات منتشرة في النواة. خلايا النبات والحيوان تنقسم بطريقة مماثلة، إلا أن خلايا النبات ينبغي لها تخلق جدار خلوي من السليولوز بعد تكوينها.

النمو في الشجر

تنمو الشجرة بطريقتين مختلفتين متكاملتين. فتتقسم الخلايا في أطراف الأغصان والجذور ليزيد طولها. وفي الوقت نفسه، تنقسم خلايا الكامبيوم (الخلايا تحت اللحاء) فتزيد نخانة الجذع والأغصان.

البادرات

النمو يتطلب طاقة كبيرة. والبادرة يمكنها النماء السريع لاحتوائها مخزوناً غذائياً في نسيج بزرري يدعى السويداء. كما تحوي أوراق البزرة (الفلقة أو الفلقان) أحياناً، مخزوناً غذائياً إضافياً. تتفتح الفلقات في الكثير من البادرات بسرعة لإتاحة المجال للتخليق الضوئي.

مخزون البزرة من الغذاء يوفر لها طاقة للإنتاش.



الدورة الخلوية

ينقسم الكثير من خلايا جسمك تبعاً لجداول زمنية ثابتة. فالخلية في بطانة الوجنتين، مثلاً، تنقسم مرة كل ٢٤ ساعة تقريباً. وليست الخلايا كلها سريعة الانقسام بهذا الشكل؛ ففي بعض الخلايا يتوقف الانقسام خلال فترة زمنية طويلة. أما في الخلايا العصبية، فيتوقف الانقسام تماماً بعد تكوين الخلايا في الجنين في الرحم.



النمو والتطور

لا تنقسم خلايا الجسم كلها بالسرعة نفسها. فخلال نموك تزداد سرعة انقسام الكثير من خلايا جسدك، بخاصة في ذراعيك ورجليك، أكثر منها في رأسك. ونتيجة لذلك، يتغير شكل وحجم تراكيب جسمك؛ ويُعرف هذا بالتطور. والنمو والتطور كلاهما تحكمهما الهرمونات - وهي مراسيل كيميائية ينقلها الدم إلى مختلف أجزاء الجسم. بعض هذه الهرمونات يستثير هبة النمو في جسمك بدءًا من عمر ١٢ إلى ١٣ سنة، ثم يوقفه تمامًا حوالي الـ ٢١ من العمر.



النمو التطوري البشري

في الطفل الحديث الولادة، الرأس كبير جدًا والذراعان والرجلان قصيرتان. في عامه الثاني، تكون ذراعا الطفل ورجلاه قد نمتا كثيرًا. والرجلان الآن تقويان على المشي. في الخامسة من العمر تكون عضلات الذراعين والرجلين قد قويت كثيرًا؛ وبمقدور الطفل الآن المشي أو الركض. في العاشرة، الأطراف الآن أطول، وقد تعلم الطفل القيام بالحركات المحكمة الضبط كالكتابة والتقاط الكرة. في الثالثة عشرة، التغيرات الجارية كثيرة في الجسم. وهو ينمو بسرعة تهيؤًا لمرحلة البلوغ. يكتمل النمو غالبًا في سن العشرين؛ فيؤلف الرأس الآن جزءًا أصغر من الجسم. ويُعتبر بزوغ أضراس العقل (النواجذ) أحد معالم انتهاء مرحلة النمو.

التحول الناقص

يتغير شكل البقّة تدريجيًا أثناء النمو. فهي تنفث عديمة الأجنحة والأعضاء التناسلية. وخلال مراحل النمو تسليخ (أي تطرح قشرتها)، ويتغير جسمها قليلًا بعد كل انسلاخ حتى مرحلة البلوغ بعد الانسلاخ الخامس. ويدعى هذا التحول البطيء في شكل الجسم التحول الناقص. والتحول في الصراصير والجنادب والجراذ هو من هذا القبيل.



بقّة الورك في المراحل الثانية والخامسة والنيغ من التحول الناقص.

داخل الشرنقة، تتحلل معظم خلايا الخادرة البشريّة، وتكون الخلايا الجديدة الفراشة الكاملة.



البسروع مزود بفكّين قويّين، أما الفراشة فأجزاء قمها أنبوبية وتتناول غذاءها امتصاصًا فقط.

الانطلاق في الجوّ

يتحول الشكل هذا، يتغير النمط الحياتي للحيوان نفسه، فينتغير نوع مأكله وتختلف طرائق تحركه. فالبسروع اليرقاني يغتذي بأوراق النباتات ويقضي كل وقته زاحفًا فوقها. لكنه بعد التحول يعدو فراشة تغتذي بالرحيق وتستطيع الطيران بعيدًا بحثًا عن نباتات اغتذاء جديدة تضع عليها بيوضها لاحقًا إن كانت أنثى.



اليرقانة البدئية للسرطان (السلطعون) ذات ذيل طويل وناتئ شوكةي مقوس في ظهرها. وهي تضرب الماء بأرجلها لتبقى على مقربة من السطح.



اليرقانة السلطعونية التالية الضخمة العنيد ذات أرجل مكتملة النمو، قصير فيها الذيل وتلاشي النتوء الشوكي. وهي تقضي جزءًا من حياتها في قاع البحر.

السرطان البالغ ذو ذيل قصير مطوّى تحت جسمه. أرجله قويّة جدًا لكنه سباح عورّه الرشاقة. وهذا السرطان (كارسينوس ميناس) شاطئي.

التحول الكامل

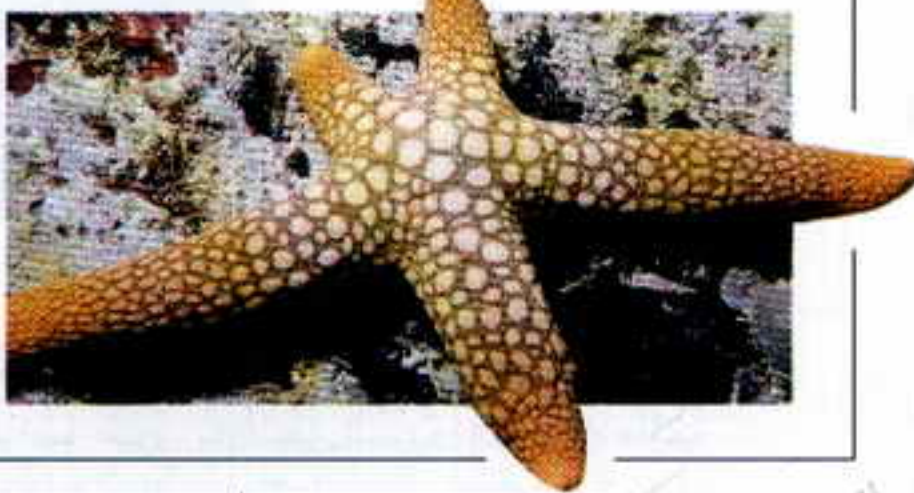
في التحول الكامل يختلف شكل الصغار عن البالغين جذريًا. فالسرطان يبدأ حياته كيرقانة بدائية دقيقة، تطفو مساطحة لِماء البحر. وبعد انسلاخ قشرة الجسم عدّة مرّات، يتحول إلى يرقانة «ضخمة العنيد» تستطيع المشي والسباحة. وأخيرًا تطرح ضخمة العنيد (ميجالوبا) قشرتها وتعدو سرطانًا صغيرًا.



إنماء الأجزاء المفقودة

إذا جرحت تبدأ خلايا جلدك بالانقسام حتى يتدمل الجرح. هذا النوع من الإنماء يدعى تجديدًا أو تجديدًا. أجسامنا تستطيع تجديد الجلد والعظم فقط، لكن بعض الحيوانات تستطيع تجديد أجزاء بأكملها. كالأرجل أو الذيل، إذا ما فقدت.

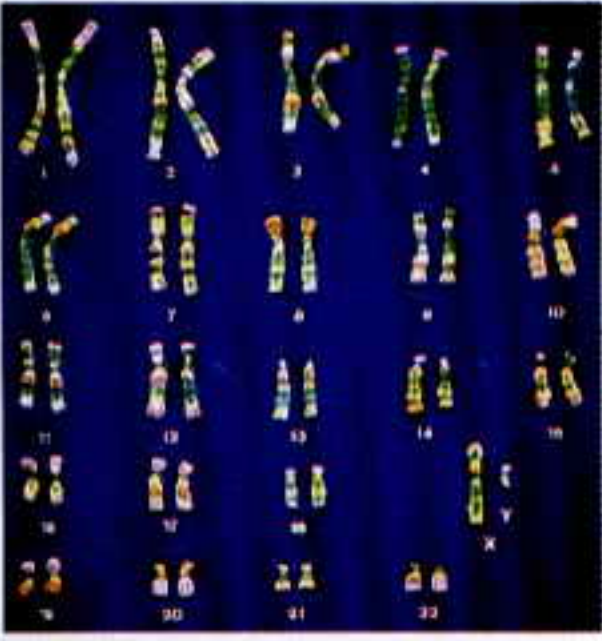
يستطيع نجم البحر إنماء رجل جديدة إذا انقصت إحداها.



لمزيد من المعلومات انظر

- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- المفصليات ص ٣٢٢
- نجم البحر والرقبات ص ٣٢٥
- الخلايا ص ٣٣٨
- البيئة الباطنية (في الأحياء) ص ٣٥٠
- الوراثيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤

الوراثيات (علم الوراثة)



الصِّبْغِيَّاتُ البَشَرِيَّة

تُبين هذه الصورة الصِّبْغِيَّات الـ ٤٦ كلها الموجودة في خلية بشرية واحدة. لقد جرت معالجة الصِّبْغِيَّات بصِّبْغٍ خاصٍّ وَرُتِّبَتْ أَزْوَاجًا. (لاحظ صِبْغِيَّيْ إِيكس وَ وَاي في أسفل اليمين من الصورة). لكل نوع من أنواع النبات والحيوان عدد صِبْغِيٍّ مُمَيَّز - بعضها يحوي أقل من عشرة صِبْغِيَّات بينما تحوي أخرى ما يزيد على الألف.

الدن أ مفكوك أثناء نسخ الراموز.

الاختلافات الطبيعية
هذه النباتات المزهرة قد تبدو متماثلة؛ لكن كل نبتة فيها ذات دن أ فريد خاص بها، لأنها تكوّنت بالتكاثر الجنسي. وهذا يفسر مجموعة من المميزات. فقد تكون أغزر إزهارًا من سواها، أو لعلها تستخر طاقة أكثر لإنماء الجذور. هذه الاختلافات الطفيفة مهمة جدًا، لأنها تعني أن النوع يتطور (يتغير مع الزمن). فبعض تغيرات الدن أ الأكثر نجاحًا ستصبح جيناتها الأكثر شيوعًا مع تعاقب الأجيال.

الطفرات
جزيء دن أ طويل جدًا وكثيرًا ما يتعرض للتلف. وفي العادة، يصلح هذا التلف تلقائيًا. أما إذا كان التلف شاملاً، فإنه يؤدي إلى تخليق قطعة جديدة دائمة من الراموز الوراثي تُدعى طفرة. والطفرات التي تحدث في الخلايا الجسدية قليلة الأثر؛ أما التي تحدث في الأمشاج (الأعراس أو الخلايا الجنسية) فيمكن انتقالها من جيل إلى آخر، مُخلِقة صفات جديدة في الكائنات الحية.

المهق (الحسبة) طفرة مألوفة في الحيوانات والنباتات. هذا سنجاب أمهق من السناجب الخمر.



كل شكل من أشكال الحياة، من الفيل إلى الطحلبة، مؤلف ومُحكوم «بوصفة» كيميائية، تتخذ شكل راموز كيميائي لا تدويني. هذا الراموز تحويه الجزيئات اللولبية للحامض النووي الريبي المنقوص الأكسجين (دن أ)، المُحتشدة داخل الخلايا في جميع الكائنات الحية. وهذا الراموز الكيميائي مُعقّد جدًا، فهو يشمل في الخلية البشرية الواحدة من ٥٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ تعليمية مُنفصلة، تُدعى جينات، كل منها تحكم صفة مُختلفة. الوراثة علم يبحث في سبل انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى جيل.

كل جزيء من دن أ يُؤلف بنية خيطية الشكل تُسمى صِبْغِيَّة. وهناك سُخْتان من كل صِبْغِيَّة - واحدة من الأب وواحدة من الأم.

يتخذ جزيء دن أ شكل لولب مُزدوج مُترابط بكيميائيات تُدعى قواعد، يوجد منها أربعة ضروب. إن تسلسل هذه القواعد يُؤلف الراموز الوراثي للخلية.

تترابط القواعد أزواجًا.

يُعرز الراموز إلى الخلية بتجميع البروتينات.

الدن أ في الصِبْغِيَّة مُلتف حول ذاته، ويُلف أيضًا كيميائيات أخرى.

الصِّبْغِيَّاتُ والجينات وَ دن أ

نواة الخلية تحوي قطعًا مُتعددة من دن أ؛ كل واحدة منها تُدعى صِبْغِيَّة أو صِبْغِيَّة. والجينة نُظْمٌ واحد من الصِبْغِيَّة فيه التعليمات الوافية لتصنيع بروتين واحد. يقوم دن أ بتوجيه التعليمات إلى الخلية لتصنيع البروتينات المُتعددة المُختلفة التي يُفَضِّلها عمل الخلية. ولتحقيق ذلك، "يتفتح زمام" جزء من لولب دن أ مؤقتًا، ليُمكن استنساخ راموزه. وتنتقل النسخة إلى خارج النواة حيث تُوجه الخلية لتصنيع البروتين المُعين، الذي قد يكون أنزيمًا أو كولا جينًا (بروتينًا جلدًا) مثلاً.

ازهار البانونج (انثيميس كينا)



الجينات والناس

إذا لم تكن نواتمًا طبيعيًا، فانت فريد في تركيبك من الجينات التي تحكم الصفات الوراثية في جسمك، والتي لا يُمكن أن تُغير فيها أحد. أحيانًا الجينة الواحدة تحكم صفة ظاهرة، كلون العينين مثلاً، لكن الغالب أن تسهم عدة جينات في ذلك. إن الكثير من الصفات الموروثة تتبدل تبعًا لأسلوب ونمط الحياة. فظنوك مثلاً، يعتمد على نوعية غذائك كما يعتمد على جيناتك أصلاً.

كل خلية جنسية، ذكورية أو أنثوية، تحوي مجموعة مُفردة من جزيئات دن أ - أي إنها تحوي نصف ما تحويه الخلية العادية من الصِبْغِيَّات.

الخلية المُخصبة (اللاقحة) تحوي مجموعة مُزدوجة من جزيئات دن أ - أي إنها تحوي المجموعة المُزدوجة العادية من الصِبْغِيَّات.

كل جزيء من دن أ يُؤلف بنية خيطية الشكل تُسمى صِبْغِيَّة. وهناك سُخْتان من كل صِبْغِيَّة - واحدة من الأب وواحدة من الأم.

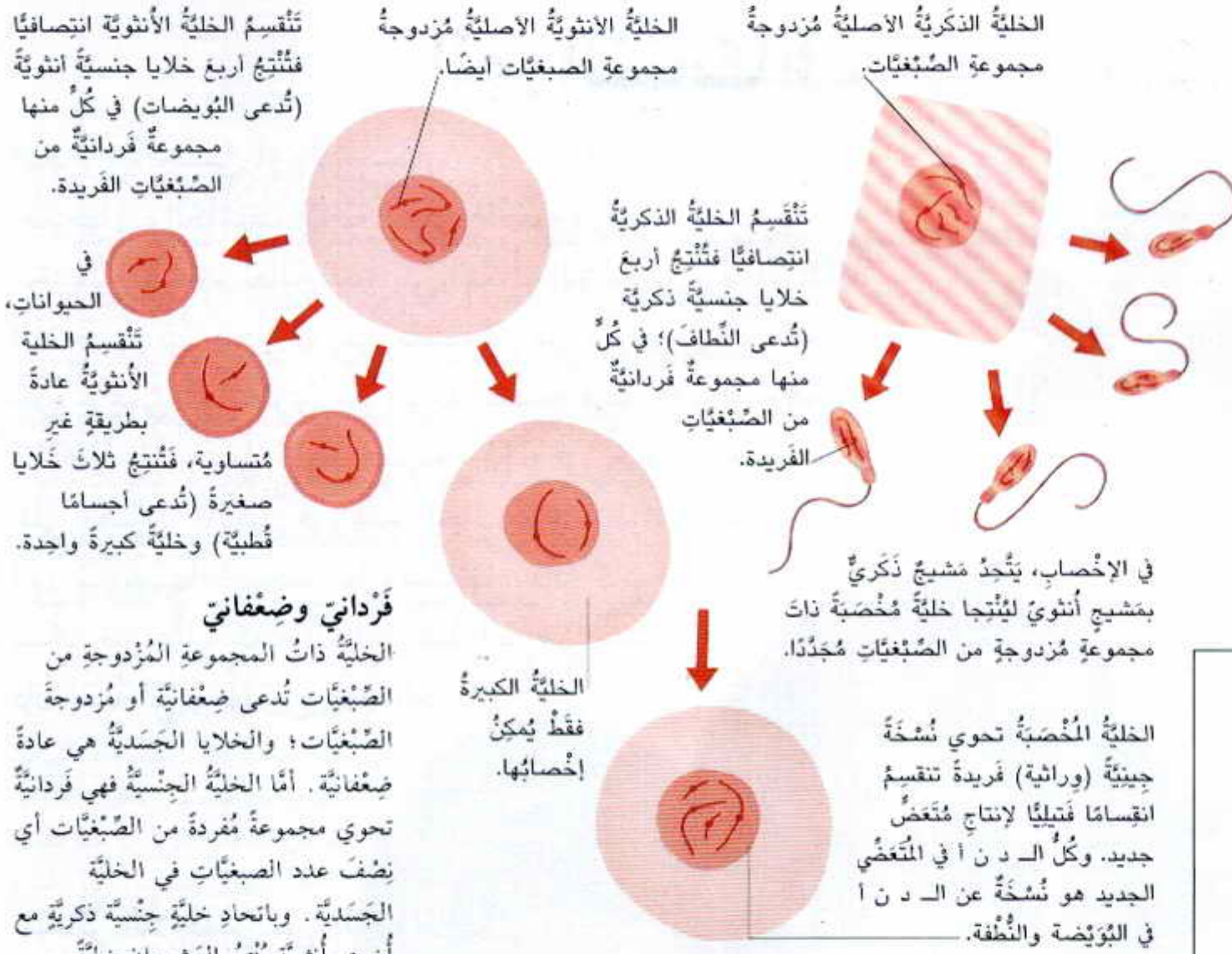
روزالند فرانكلين

تم التقدم الحاسم في دراسة بنية دن أ، عام ١٩٥٣، على يد الفيزيائي الحيوي البريطاني، فرنسيس كريك (المولود عام ١٩١٦) وعالم الوراثة الأمريكي، جيمس واتسون (المولود عام ١٩٢٨). فقد توصلا إلى استنتاج أن دن أ ذو بنية لولبية مُزدوجة بعد دراسة صور بالأشعة السينية التي التقطتها عالمة البلورات البريطانية روزالند فرانكلين (١٩٢٠ - ١٩٥٨)، أثناء دراستها لبلورات دن أ بأشعة إكس. وقد نال كريك وواتسون بالاشتراك مع موريس ويلكنز (المولود عام ١٩١٦) جائزة نوبل للفسيولوجية (أو الطب) عام ١٩٦٢. لكن فرانكلين وافاها الأجل قبل أن يُقدّر فضلها حق قدره.



الانتصاف (الانقسام المنصف)

الانتصاف نوع خاص من الانقسام الخلوي ينتج أمشاجاً (خلايا جنسية). وفيه تنقسم الخلية مرتين لنتج أربع خلايا جديدة فردانية الصبغيات، أي إن الواحدة منها تحوي نصف كمية د ن أ، الموجودة في الخلية الأصلية. كما إن كلاً من صبغياتها جديدة فريدة النمط لأن صبغيات الخلية الأصلية تتبادل قطعاً فيما بينها قبل الانقسام مباشرة. وإخلاقاً للانقسام الفعلي (الانقسام الخلوي العادي) فإن الانقسام المنصف ينتج خلايا ذات تعليمات وراثية جديدة. ويدعى المشيج الأنثوي عادة البويضة (أو البيضة)، والمشيج الذكري النطفة.



فرداني وضعفاني

الخلية ذات المجموعة المزدوجة من الصبغيات تدعى ضعفانية أو مزدوجة الصبغيات؛ والخلايا الجسدية هي عادة ضعفانية. أما الخلية الجنسية فهي فردانية تحوي مجموعة مفردة من الصبغيات أي نصف عدد الصبغيات في الخلية الجسدية. وباتحاد خلية جنسية ذكرية مع أخرى أنثوية ينتج المشيجان خلية ضعفانية يمكنها التمايز إلى متعض جديد.

القطط السلحفاية اللون (المبقعة بالبيضاء والاصفر) إناث دائماً. لأن هذا اللون لا يمكن إنتاجه إلا بواسطة صبغيات س؛ والإناث فقط تحمل مجموعة س س.

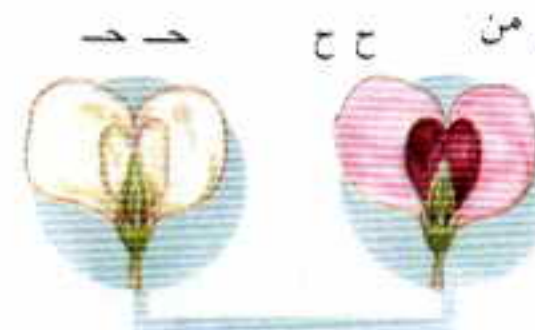


القطط الرنجيلية اللون ذكور (س ص أو إكس واي) في الغالب. فجينه اللون الرنجيلي تحملها صبغية س؛ لكنها كثيراً ما تُحجب بوجود صبغية س أخرى، كما في الأنثى (س س).

الجينات والجنس

في الإنسان والقطط وكثير من الحيوانات الأخرى، هنالك صيغتان مختلفتان للشكل يُحددان جنس الفرد، هما صبغيات س و إكس (أو واي). فقد يحوي الحيوان صبغيات س فيكون أنثى، أو قد يحوي صبغيات س و إكس فيكون ذكراً. لكن لا يمكنه أن يحوي صبغيات س، لأنه يتلقى دائماً صبغيات س من والدته. وبالإضافة إلى الجنس، فهذان الصبغيان يُحددان أيضاً بعض الصفات الأخرى. ففي القطط مثلاً يرتبط لون الفرو بالجنس، كما يرتبط عَمَى الألوان بالجنس في البشر.

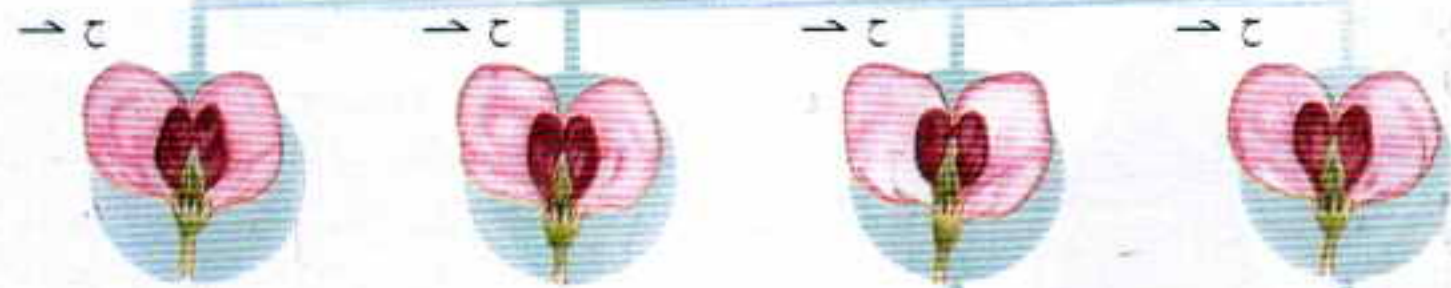
إحدى النبتتين الأم تحتوي جينتين سائدتين (ح ح)، لذا فإزهارها حمراء. والنبتة الأم الأخرى تحوي جينتين صاغرتين (ح ح) وإزهارها بيضاء. في العادة، يظهر تأثير الجينات الصاغرة فقط إذا تواجدت اثنتان منها.



كيف تنتقل الصفات بالوراثة

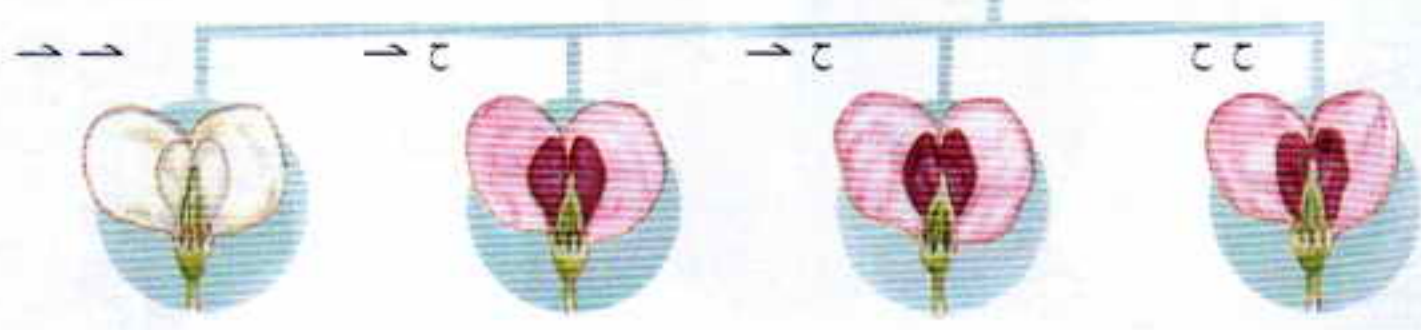
الخلايا في معظمها مزدوجة الصبغيات - مجموعة من الوالد وأخرى من الوالدة؛ فهي ثنائية الجينات أيضاً. في العادة، بين الزوج من الجينات، هناك جينة سائدة - تحجب تأثير شريكها الصاغرة (المتخفية). وتلاحظ في الشكل المرفق كيفية تحكم زوج من الجينات في ألوان أزهار البسلى. فالجينة السائدة (الموسومة ح) تجعل الأزهار حمراء والجينة الصاغرة (الموسومة ح) تجعل الأزهار بيضاء - علماً أن تأثيرات الجينة ح تحجب، ما لم يتواجد إثنان منها (ح ح).

أزهار الجيل الأول من النسل حمراء اللون. ومع أن كلاً منها يحوي جينة صاغرة للون الأبيض، فإن تأثيرها مُحجب بالجينة السائدة.



كل نبتة من النسل تتلقى جينة واحدة، تختص بلون الزهرة، من كل من الوالدين. ففي الجيل الأول، هناك جيمعة واحدة ممكنة فقط من الجينات هي: ح ح.

إن رُبُع النبتات يحوي جينتين صاغرتين (ح ح). لذا فإن أزهار هذه النبتات فقط بيضاء.



في الجيل الثاني، هنالك أربع جيميغات ممكنة من الجينات هي: ح ح، ح ح، ح ح، ح ح.

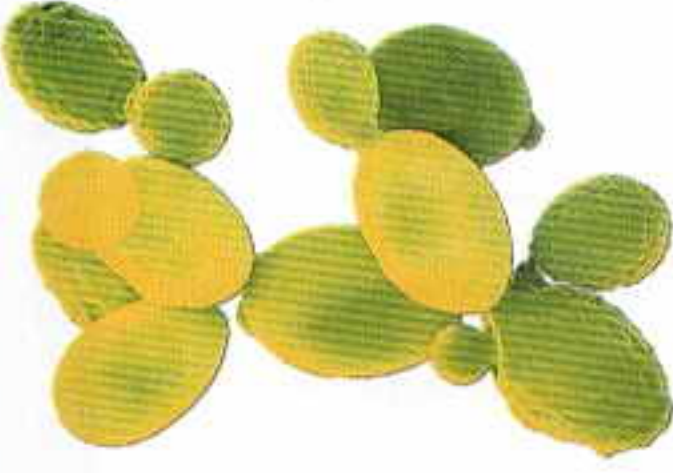
لمزيد من المعلومات انظر

- آلية التطور ص ٣٠٩
- الخلايا ص ٣٣٨
- النمو والتطور ص ٣٦٢
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧
- التناسل البشري ص ٣٦٨

التكاثر اللاجنسي

تبرعم الخمائر

الخمائر فطرٌ مجهريٌّ وحيدة الخلية، تتكاثرُ لاجنسيًا بالبرعمة من خلاياها. وفي الظروف المواتية تتكرر عملية التبرعم من خلية الفطرة كل ساعتين. أحيانًا تبدأ الخلايا الوليدة بالتبرعم قبل انفصالها بالكامل عن الخلايا الأم فتكون سلسلة متفرعة.



مرحلة (يوليب) غدائية صغيرة لا تزال ملتصقة بالهيدرا الأم. المرحلة الجديدة تنفصل في النهاية لتعيش مستقلة. والغدائية المبتينة هنا هي من نوع الهيدرا الشائعة.



توالد في حط إنتاجي

في الربيع والصيف كثيرًا ما تكون إناث الأزرق مُحاطة بعشرات من الصغار - إذ إنها تنتج صغارًا بالتناسل الغدري (بدون تزاوج)؛ والصغار بدورها تتكاثر بسرعة فائقة. وهذا يعني تواجد فيض من الأزرق بوجود وفرة من الغذاء. ومع تضاؤل مورد الغذاء لاحقًا، تأخذ الصغار بالتناسل جنسيًا.



إقتسال النباتات

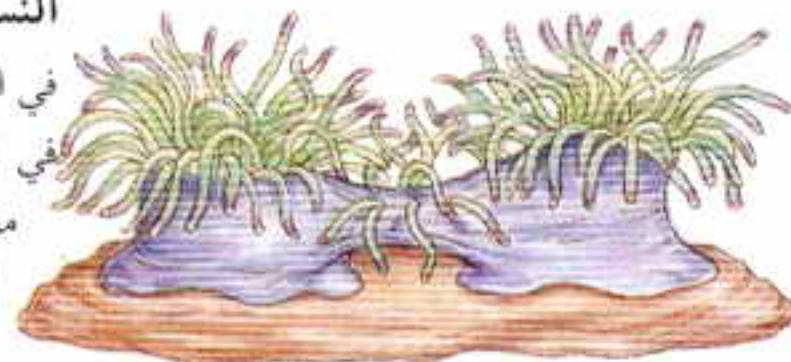
المزارعون لا يزرعون الموز بؤورًا - بل يعتمد المزارع إلى اقتسالات العساليح الجديدة ويغرسها. وفي مثل هذا التكثير الخضري، تحمل النباتات الصفات الوراثية نفسها. فإذا أصاب إحداها مرض، فقد يصيب الآخر أيضًا. وانعدام التنوع هذا هو مشكلة أساسية في التكاثر اللاجنسي.



بصلة
نرجس
وبصلة
وليدة

النسائل

في العادة، يتناسل شقيق البحر جنسيًا بإطلاق البويضات في الماء؛ لكنه يستطيع التكاثر أيضًا باقتطاع أجزاء من جسمه أو بالانفلاق تمددًا إلى شطرين. وبعض أنواعه تركز على هذا النمط من التكاثر، فتنتشر فوق الصخور، مكونة مجموعة من الحيوانات المثلة تمامًا والمطابقة الجينات. ومثل هذه المجموعات تسمى نسائل (ج. نسيلة).



الحيوانان الجديدان طبيقتان جينيتيًا للوالد - شقيق البحر الأصلي.



يتمدّد شقيق البحر نفسه تدريجيًا بينما يرحف الشطران باتجاهين مختلفين.

الانتشار بالأزاد (السوق المدادة)

يتكاثر العديد من النباتات بطريقتين مختلفتين في الوقت نفسه. فالفريز (توت الأرض) مثلًا يحمل أزهارًا تنتج بؤورها بالتكاثر الجنسي. كما إنها تتمدّد سوقًا أفقية تدعى آزادًا (ج. رند) تكون نباتات جديدة بالتكاثر اللاجنسي. فكل ساق راحفة تنبت عُصيات عكسية تنجدر تدريجيًا لتصبح نبات جديدة. فإذا تركت مسكة من توت الأرض وشأنها، فسرعان ما تغطي شتلات الفريز (الفراولة) قطعة الأرض بكاملها.



نبته عكيس (عل)
الساق المدادة



لمزيد من المعلومات انظر

المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
النمو والتطور ص ٣٦٢
حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

التناسل الجنسي

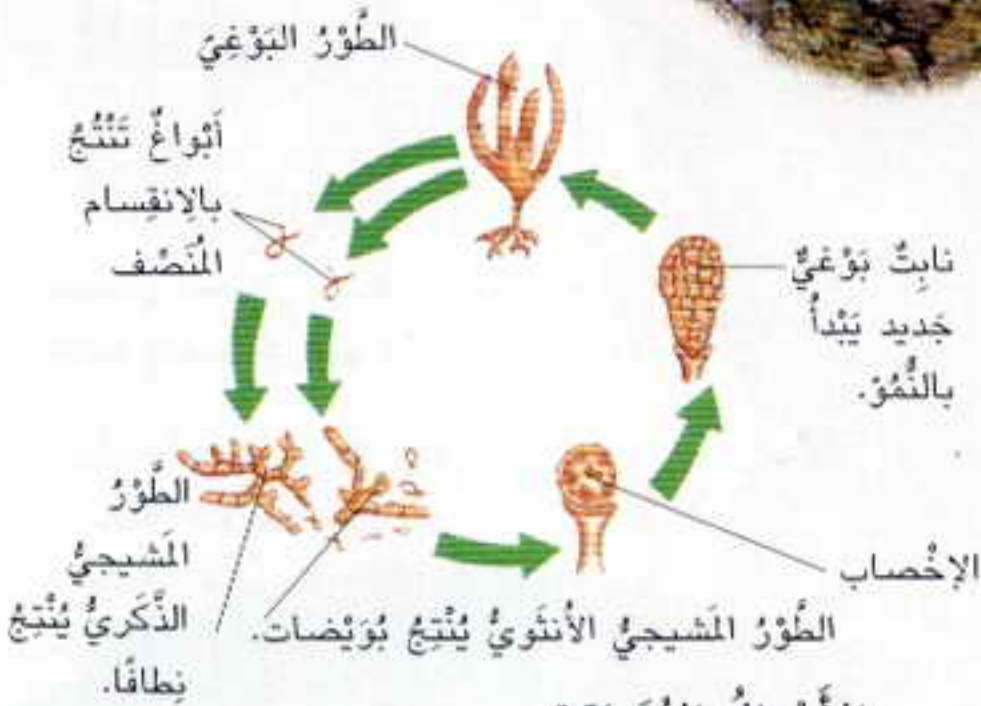
عُطاسان مُتَوَاجِهان
(يُوديسيس كريسْتَانُوس)



في التناسل الجنسي هناك دائماً والدان يُنتِج كُلُّ منهما أمشاجاً (خلايا جنسية) بها نصف العدد من الصبغيات بالانقسام المنصف. ويصبح العدد كاملاً عندما يتحد المَشِيحُ الذَّكَرِيُّ (النُّطْفَةُ) بالمَشِيحِ الأنثوي (البَيضة) لتكوين اللاقحة (الزيجوت) - في ما يُعرف بالإخصاب. ومن اللاقحة (الخلية المخصبة) ينمو مُتَعَصِّراً جديداً كامل. التناسل الجنسي أكثر تعقيداً من التكاثر اللاجنسي، لكنه يتميز بأفضلية مهمة. فالوليد المُنتِج جنسياً فريداً في خصائصه يدل أن يكون مثيلاً طبقاً لأحد الوالدين. فأفراد هذا النسل ذوو جميعات فريدة من الجينات تحمل مزيجات كاملة جديدة من الصفات الوراثية. وهذا يعني أن بعضاً منها قد يكون أكثر ملاءمةً للبيئة وأفضل تهيئاً لصراع البقاء.

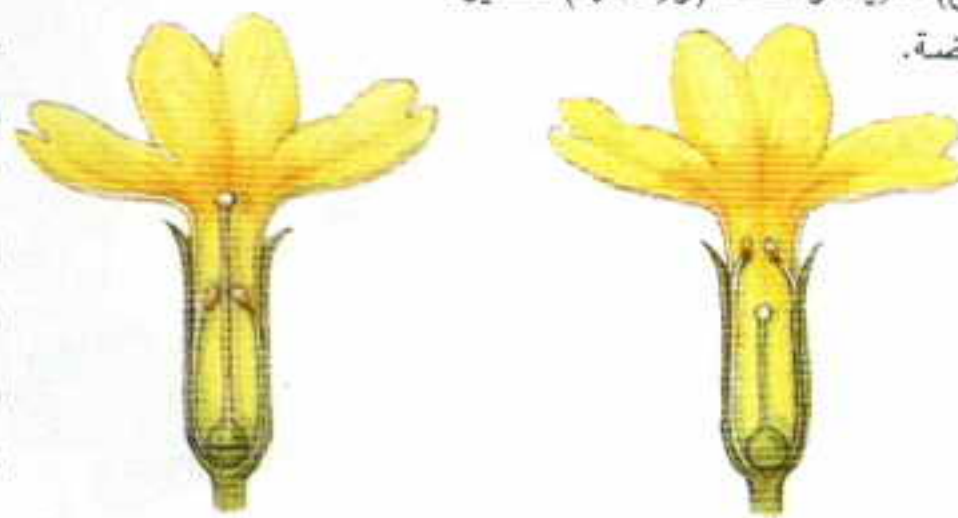
الإخصاب الخارجي

في بعض الحيوانات، يتم اتحاد البويضات بالنطاف خارج جسم الأنثى، لكن لا بد من اجتماع القرينين. فأبو شوكة الذكور (جاستروستيس أكيوليبس) يعد غشاً تضع فيه الأنثى بيوضها. ثم يضيف الذكر نطافه إليها. إن معظم الحيوانات ذات الإخصاب الخارجي تُنتِج قيصاً من البويضات لضمان أن يتم إخصاب عدد وافر منها.



الأجيال المتعاقبة

في بعض دورات النبات الحياتية هناك جيلان مختلفان للنبات. ففي الطحالب البنية لايمنازياً، يُنتِج الجيل "البالغ" (ويُدعى النابت البؤغي) الأبواغ بالانقسام المنصف فتتشتت هذه نباتات ذكورية وأنثوية تُؤلف الجيل المشيجي الذي يُنتِج الأمشاج (الخلايا الجنسية). وهذه النطاف والبويضات تتلاقى في الماء لإنتاج لاقحة تنمو إلى نابت بؤغي (الجيل البؤغي)؛ وهكذا تبدأ الدورة من جديد، وتتعاقب الأجيال.



في أزهار الربيع "الدبوسية"، السمة ومذقتها (عضو التانيث) طويلة عالية والأسدية قصيرة خفيفة.

تحقيق الإخصاب التهجيني

يحمل الكثير من النباتات كلا الأعضاء الذكورية والأنثوية في أزهارها. فيمكنها أحياناً إخصاب نفسها؛ لكنها في الغالب مُهَيَّأة لضعياً لتحقيق الإخصاب التهجيني (أي الإخصاب بخلايا جنسية من نبتة أخرى من النوع نفسه). والإخصاب التهجيني أكثر نفعاً لأنه يجعل النسل أكثر تغايراً. فإزهار الربيع (بريمولا فلجارس) ذات صريتين من الأزهار، لا تحمل النبتة الواحدة إلا صرباً واحداً منهما. والخلايا الجنسية في كل تختلف وضعاً وتتفاوت نضجاً بحيث تكفل التأثير المُختلط فقط.

اجتذاب القرين والتزاوج

قبل التزاوج، تقوم العطاسات المتوجهة بسلسلة من رقصات التودد المُعَقَّدة لاجتذاب القرين، وهذا النوع من السلوك شائع بين العديد من الحيوانات، فهو يُساعد كلا الشريكين على التألف وضمان اختيار القرين السليم، قبل التزاوج.

تزاوج بين أفغواني جنرال كاليفورنيا الملكيين (لامبروليس رونانا)

الإخصاب الداخلي

يتم التناسل الجنسي بتلاقي الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية واتحادها؛ ويحصل ذلك بالتزاوج في بعض أنواع الحيوانات. يجري الإخصاب داخلياً في الأفاعي وكثير من الحيوانات البرية الأخرى. فعندما يتزاوج أفغوانان، يحقق الذكر نطفته داخل الأنثى بحيث يتم إخصاب البويضات داخل جسمها. إن الحيوانات ذات الإخصاب الداخلي تُنتِج بويضات ونطافاً أقل، لأن إمكانية تلاقي هذه الأمشاج أكثر احتمالية.

الخلايا الجنسية

الخلايا الجنسية (الأمشاج أو الأعراس) تحوي نصف كمية المادة الوراثية في الخلايا العادية. وهي مُهَيَّأة خصيصاً لتحقيق الاتحاد فيما بينها. في بعض النباتات والحيوانات الخلايا الجنسية مُتماثلة الحجم؛ لكن الخلية الجنسية الأنثوية، في الغالب، أكبر بكثير من الخلية الذكرية. والخلايا الجنسية الأنثوية (البويضات أو البويضات) تستقر في موقع واحد، فيما الخلايا الجنسية الذكرية (النطاف) تسبح في اتجاهها.



الخلايا الجنسية الذكرية والأنثوية مُتماثلة في حَسِّ البحر (أولفا لكتوكا).

في النباتات الزهرية توجد عدة خلايا جنسية أنثوية في كيس جنيني. أما الخلايا الذكرية فتوجد في حبوب اللقاح.



في معظم الحيوانات، البويضة أكبر من النطفة بكثير.



لمزيد من المعلومات انظر

- اللازهريات ص ٣١٦
- النباتات الزهرية ص ٣١٨
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- الطيور ص ٣٣٢
- الخلايا ص ٣٣٨
- الوراثيات (علم الوراثة) ص ٣٦٤
- التناسل البشري ص ٣٦٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٢

التناسل البشري

أنت، ككل كائن بشري في هذه المعمورة، بدأت حياتك كخلية مخصبة (زيجوت) تكونت من اتحاد نطفة من نطاف والدك (خلايا جنسية) ببويضة (بويضة) في أنبوب متصل برحم أمك - يدعى أنبوب فالوب. ثم بدأ تغير الخلية المخصبة مباشرة، فأخذت تنقسم فتيلًا، ثم استقرت في بطانة الرحم - حيث تابعت انقساماتها الخلوية مرارًا وتكرارًا مغتذية من دم والدتك، بينما جسمك يتشكل ببطء. وبعد تسعة أشهر من الحمل في دفيء رحم أمك وظلمته، أصبحت جاهزًا لأن تولد.

بعد الولادة يُفرض
نظا الأم اللبن
(الحليب) لتغذية
الوليد.

المبيضان يخزنان
البويضات،
ويطلقان
الهormونات
للتحكم في دورة
المرأة التناسلية.

تدور الهormونات
الجنسية في الدم،
فتهايم جسم المرأة
لتدبر شؤون الجنين
النامي.



الأعضاء التناسلية في الأنثى

بويضات المرأة تُخزن في المبايض، وهما، بدءًا من عمر يقارب ١٣ سنة، يطلقان مداورة بويضة واحدة كل ٢٨ يومًا.

تُشكل البويضة الآن كرة
مجموفة من الخلايا؛ تقبض في
بطانة الرحم وتنمو تدريجيًا
إلى مضغفة ثم إلى جنين.

تبدأ البويضة المخصبة
انقسامًا فتيلًا سريعًا.

تُخصب البويضة بنطفة
ساحبة صاعدة في
أنبوب فالوب.

تساق البويضة عبر
البوق وتنتقل على
طول أنبوب فالوب.

كل حوالي
٢٨ يومًا، تطلق بويضة يانعة
(ناضجة) من فقاعة مبيضية
تدعى الجريب.

الرحم

الرحم عضو يغذي الجنين ويؤويه. وتنمو بطانة الرحم لتغذي البويضة المخصبة أولاً، ثم المضغفة، وتالياً الجنين. والرحم نفسه عضلة جدًا - ففيها أقوى عضلات الجسم البشري. وهذه تدفع الطفل في المخاض بمساعدة عضلات أخرى في بطن الأم وصدرها.

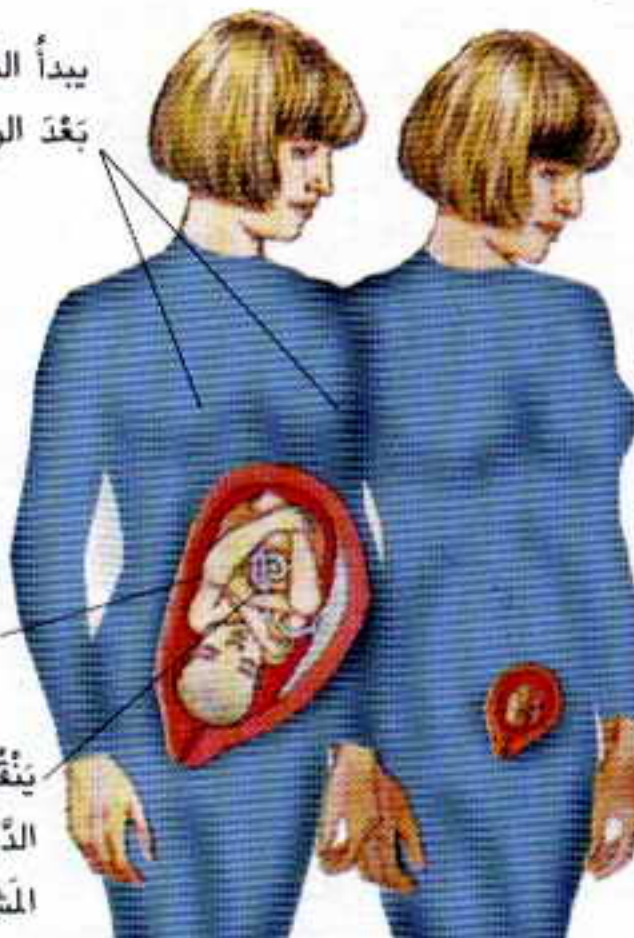
المبيضان يتناوبان إنتاج
بويضة واحدة كل شهر.

تنشأ بطانة الرحم كل شهر
لاستقبال البويضة؛ فإذا لم تكن
مخصبة، تتفكك بطانة الرحم وتطرّد
من الجسم بالحيض (الطمث).
تسحب النطاف إلى داخل الرحم
عبر فجوة دقيقة في عنقه.

يضم المهبل القضيب أثناء الجماع بحيث تُقذف
النطاف أقرب ما يمكن إلى البويضة. والمهبل أيضًا
هو القناة التي يمرُّ الطفل عبرها عند الولادة.

التغيرات أثناء الحمل

يسغل الجنين المتنامي باءى الأمر
حيزًا صغيرًا داخل الرحم؛ لكنه في
شهره التاسع يملأ الرحم بكاملها
- ضاعظًا معدة الأم وحجابها
الحاجز. ويتكيف جسد الأم مع
هذه التغيرات، فيضخ قلبها مزيدًا
من الدم لتغذية الجنين النامي؛
وهي تتناول كميات أكثر من الطعام
لتوفير غذائه. ويزايد حجم الثديين
استعدادًا لإرضاع الطفل بعد
الولادة. كما تُعد الأم نفسها ذهنيًا
لاستقبال الطفل الجديد.



يبدأ الثديان در اللبن (الحليب)
بعد الولادة بوقت قصير.

قُبيل الولادة،
الجنين في الغالب
مقلوب رأسًا على
عقب، والذراعان
والرجلان
مُنضمّة قُرب
الجسم.

ينقل الحبل السري
الدم من الجنين إلى
المشيمة.

الإرضاع

يغتذي مُعظم صغار اللبونات
باللبن من أئداء أمهاتها.
يحتوي لبن الأم مزيدًا من
المغذيات سهل الهضم
وكامل التوازن والملاءمة
لتغذية الطفل - إضافة إلى أنه
مُتاح بسهولة ويسر.

منذ بدايات مرحلة
البُلوغ، تُحدث
الهormونات الجنسية
تغيرات في جسم
الذكر. فيكتول نمو
الأعضاء التناسلية،
ويبدأ شعر الوجه
بالظهور.

الصفتن

تولد الأنثى بعدد
مُحدّد من البويضات،
لكن الرجل يُنتج دوماً
نطاقًا جديدةً.

الأعضاء التناسلية في الذكر

تنتج الخلايا الجنسية
الذكرية، أو النطاف في الخصيتين.
وخلال الجماع تَمْرُج النطاف بِسائل من
غدة البروستات تسبح فيه، فيمكنها
الوصول إلى البويضة داخل رحم المرأة.

بطانة رحم
الأم

هضم خلايا الأم
يوفر المغذيات.
من هذه الخلايا تنشأ
المشيمة والخبل السري.

من هذه الخلايا
ينشأ الجنين.

هذا التجويف المليء بالمائع
يُصبح تجويف السلى يملؤه
الصاء (سائل السلى)؛ وهو
"الماء" الذي يطفو فيه الجنين.

الانغراس

عندما تستقر البويضة المخصبة على جدار الرحم
تبدأ بتفكيك بعض خلايا الأم، وتغذي بها
بداية. وهي تالياً تُخصل على الأكسجين
والمغذيات من دم الأم عبر عضو إسفنجي الشجة
يدعى المشيمة (السُخذ). ويصل المشيمة بالجنين
حبل طويل يدعى الحبل السري؛ وهو يضم أوعية
دموية تُحمل إلى الجنين المغذيات والأكسجين
وتُخلصه من الفضلات. وتنتج المشيمة أيضًا
هormونات خلال فترة الحمل.

لمزيد من المعلومات انظر

- اللبونات ص ٣٣٤
- الرئيسيات ص ٣٣٦
- النمو والتطور ص ٣٦٢
- الوراثة (علم الوراثة) ص ٣٦٤
- التناسل الجنسي ص ٣٦٧

البيئات

البيئة هي مجمل الظروف الطبيعية الخارجية والبيولوجية التي تعيش فيها الكائنات الحية، والبيئات علم يدرس هذه الكائنات في بيئاتها الطبيعية مجملًا وتفصيلًا. فدراسة بيئة الحيوان يتسنى لعلماء البيئة تفهم دواعي تصرف الحيوان على نحو معين. لكن البيئات لا تزال علمًا «جديدًا» والعالم الطبيعي بالغ التعقيد. والبيثيون على دراية بوجود المشاكل، لكنهم لا يدركون بشكل جازم مقدار خطورتها ولا كيفية معالجتها.

الطقس أحد عوامل بيئة الأرنب؛ وعلى الأرنب العيش في الظروف المختلفة لهذه البيئة. فهو بحاجة إلى هواء نظيف للتنفس وإلى ماء نقي للشرب.

حيوانات تتطفل خارجيًا على فروة الأرنب كالبراغيث، أو متعضيات تتطفل عليه داخليًا كاللبكتريا.

حيوانات تقترب الأرانب كالثعالب والقائم (من ضروب بنات عرس)

بيئة الأرنب

الظروف التي يعيش فيها الحيوان، وأنواع الحيوانات والنباتات التي تستوطن منطقتها، تؤثر كلها في حياته الخاصة. لذلك، عندما يدرس البيثيون بيئة حيوان كالأرنب فإنهم يدرسون كل شيء حي أو غير حي ذي علاقة بها. وهذا يشمل الحيوانات الضارية التي تقتضه والطعام الذي يغتذي به والأرانب الأخرى، والطقس والهواء والتربة في تلك البيئة.

نباتات يقتات بها الأرنب كالغشيب والهندباء البرية والبرسيم.

التربة التي تحفر فيها الأرانب جحورًا تلجأ إليها من عوامل الطقس والضواري، وتحمي فيها صغارها.

حيوانات أخرى تعيش في الموقع نفسه كديدان التربة

البيئة البشرية

الإنسان، بخلاف سائر الحيوانات الأخرى، قادر على تغيير بيئته لتلاءم مع نمط عيشه؛ وقد يلجأ ذلك ضررًا بالنباتات والحيوانات الأخرى فيها. البيئات البشرية علم يبحث في كيفية تغيير البشر لبيئتهم، ومدى تأثير هذه التغييرات في البشر أنفسهم.

تجميع الحقائق والأرقام

المعلومات التي يحتاج البيثيون إلى تجميعها تنطوي على الكثير من الإحصاء والوزن والقياس - على اليابسة وتحت الماء. أحيانًا تغدّى الحواسيب بهذه الأرقام لإحساب ما يمكن أن تحدثه تغييرات معينة في منطقة ما. ومن ثم يقدم البيثيون إرشادات إلى الناس حول أفضل السبل لمعالجة بيئتهم.

إرنست هيكِل

كان البيولوجي الألماني، إرنست هيكِل (١٨٣٤-١٩١٩) أول من استخدم كلمة إيكولوجية (البيئات) عام ١٨٦٩. وعرفها بأنها «دراسة الاقتصاد البشري الأسري للمتعاضيات الحيوانية». كان هيكِل من مؤيدي نظرية دارون للتطور بالانتخاب الطبيعي. وظلت أفكاره عن البيئات منسبة حتى حوالي العام ١٩٠٠ حين بدأ البيولوجيون يدرسونها بجديّة.



الغلاف الحيوي

الأرض نظام بيئي مُعقد - والأجزاء التي تسكنها الكائنات الحية منها، برًا وبحرًا وجوًّا، تُؤلف الغلاف الحيوي. هذا الغلاف محدود النطاق يمتد قليلًا (نسبيًا) فوق سطح الأرض وتحتّه. يتألف الموطن الأحيائي من نُطق بيئية، لها خصائصها المناخية والتربّية والجماعات الأحيائية من نبات وحيوان، تُعرف بالنظم أو المنظومات البيئية. وتشمل المنظومة عدّة أجزاء مترابطة ومُتكاملة بشكل يضمن استمراريتها. وهي رُغم تميّزها ليست مُغلقة - فالشمس والمطر يدخلانها، والماء ينصرف منها، والمغذيات تأتيها وتُغادرها عبر التربة، وبُزور النبت والحيوانات تجيء إليها وتذهب.

المجال

المجال موقع يشغله الكائن الحي في نظام بيئي، يشمل مكان عيشه ونوع ماكله ومُشربه وطرائق سلوكه وعلاقته بالكائنات الحية الأخرى. ويُطلقون على مجال النوع أحيانًا «المُتنى».



الموطن

الموطن هو المَنوى الطبيعي لجماعة من النبت والحيوان تُسمى جالية. أحيانًا يُدعى الموطن البيئي «موقع» النوع؛ وهو يحوي العديد من المجالات؛ فمجتمع الشجر مثلًا موطن.



النظام أو المنظومة البيئية

النظام البيئي منطقة مُتكاملة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حية؛ وهو يشمل الصخور والتربة التحتية وسطح الأرض والهواء فوقه؛ ويضم عدّة مواطن - فالغابة مثلًا نظام بيئي. أما النظم البيئية الكبرى، كالغابات المطيرة والصّحاري، فتدعى حيومات.



جيمس لفلوك

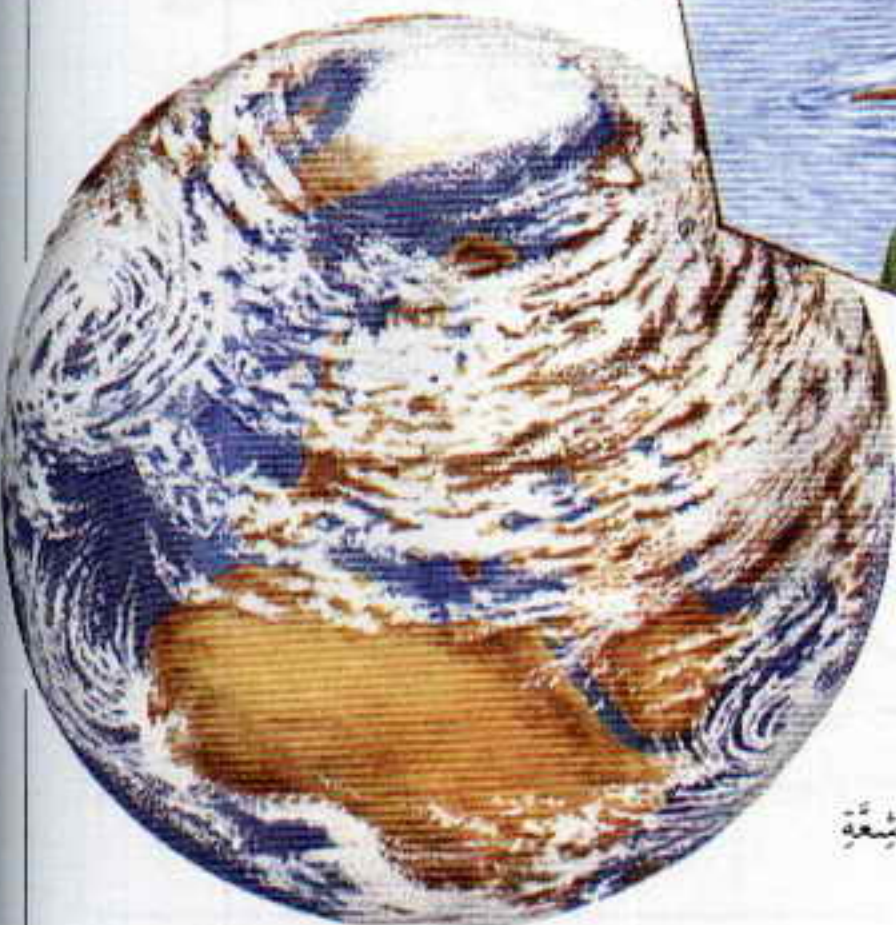
العالم البريطاني، جيمس لفلوك (١٩١٩-)، تقدّم بما يُدعى «فرضية جايا» في السبعينيات من القرن العشرين - و«جايا» مُصطلح يوناني قديم بمعنى «الأرض الأم» أو «إلهة الأرض». فبعد أن درس لفلوك جَوّ المريخ، بدأ دراسة جَوّ الأرض، وارتأى أن الجَوّ يُنظمه الغلاف الحيوي، مُعتبرًا أن جميع الكائنات الحية على الأرض تعمل كجزء من كائن واحد يستطيع تغيير بيئته لتتلاءم مع احتياجاته. فالجايا تؤمّن الظروف الملائمة لبقائها الذاتي، حتّى ولو جعل بُنُو البشر الأرض غير ملائمة لبقائهم.

الغلاف الحيوي

يُغطّي الغلاف الحيوي كامل سطح الأرض برًا وبحرًا وجوًّا فهو القسم الحي من كوكبنا؛ ويحوي نطما بيئية مُختلفة عديدة.

الأرض

الأرض هي الكوكب الأوحَد المعروف بوجود الحياة عليه. وتتميّز الأرض بجوّ يحوي العناصر الضرورية لبقاء الكائنات الحية، كما يحمي سطح الكوكب من الأشعّة المؤذية في إشعاعات الشمس.



المنظومات كبيرة وصغيرة

النظام البيئي قد يكبر كالمُحيط، أو تصغر منظومته كقطرة مطر فوق ورقة نبات. وفي كلا الحالتين تتميّز المنظومة البيئية عما حولها من نُطق، وتضم مجموعات من الكائنات الحية تتفاعل وتتأثر واجدتها بالأخرى. فالشجرة المفردة منظومة بيئية كما الغابة الضخمة. حتّى الجلد البشري يُمكن دراسته كنظام بيئي مُستقل تعيش عليه مُستعمرات من البكتيريا والفُمل.



وحدات ضمن الغلاف الحيوي

يُقسّم البيئون الغلاف الحيوي إلى وحدات أصغر لتيسير دراسته. فيمكن حينئذ مواءمة المعلومات لتتسجّم معًا في صورة أشمل، ويُمكن دراسة النظام البيئي كمجموع، أو دراسة الكائنات الحية فيه إفراديًا.



النظم البيئية في العالم

تتوزع النظم البيئية على سطح الأرض حسب المناخ بصورة رئيسية. وتتفاوت النظم المناخية المختلفة بين القارس والجاف في منطقتي القطبين، والحر والرطب في المنطقة الاستوائية. وقد تأقلمت النباتات والحيوانات مع الظروف المناخية، وترافقت معاً لتكون جماعات وحيالات مختلفة. وتؤدي كل «جالية» دوراً معيناً ضمن نظامها البيئي خلال تنافسها على الموارد الضرورية من أجل البقاء.

تقع الأراضي القطبية والتندرا في أقصى شمال الأرض وجنوبها، في القطب الشمالي والقارة القطبية الجنوبية. والأراضي القطبية متجمدة قارساً البرد طوال السنة - وهي تندمج تدريجياً في أراضي التندرا بعيداً عن القطبين.

السواحل البحرية نصفها برّ ونصفها بحر. وهي تشكل نظاماً بيئياً دائماً التغير يتواجد حول حواف جميع القارات.

تخلو المدن والمنشآت الحضرية مكان المواطن الأصلية للحياة البرية. فتتكيف هذه مع البيئة الجديدة، وهي أدق وأقل تعرضاً للرياح من الريف المحيط.

توجد الجبال في جميع القارات. وهي تشمل معظم النظم البيئية الرئيسية لأن الظروف المناخية تتباين على الارتفاعات المختلفة.

الأنهار والبحيرات منظومات بيئية من المياه الغذبة، متواجدة في معظم مناطق العالم.

السهوب المرجية في آسيا وإفريقية والأمريكتين الشمالية والجنوبية مساحات شاسعة من الأراضي تبيت الغشب بصورة رئيسية.

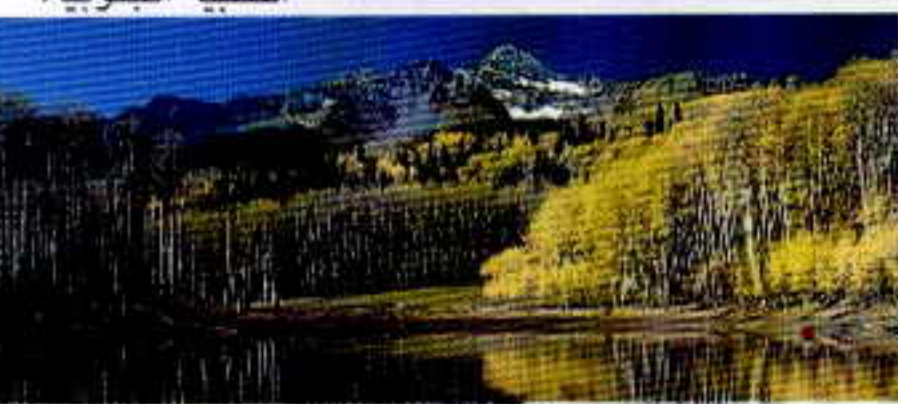
تولّف المحيطات أكبر الأنظمة البيئية على الإطلاق. وهي جميعها متصلة معاً.

تنتشر الغابات المطيرة المدارية في الأمريكتين الوسطى والجنوبية وإفريقية الوسطى وجنوب شرق آسيا وشمال أستراليا. وهي غالباً قريبة من خط الاستواء فتظل حارة ورطبة معظم أيام السنة.

غابات المناطق المعتدلة تحوي الصنوبريات والأشجار العريضة الأوراق. وتوجد في المناطق المعتدلة الحرارة والبرودة حيث تتساقط الأمطار بانتظام معظم أيام السنة.

الصحاري في معظمها حارة شحيحة المطر جداً. وتوجد في الأمريكتين الشمالية والجنوبية وآسيا وإفريقية وأستراليا.

المناطق الرطبة تشمل المستنقعات الغذبة والمالحة (السبخات). وهي موجودة في جميع القارات عدا القارة القطبية الجنوبية.



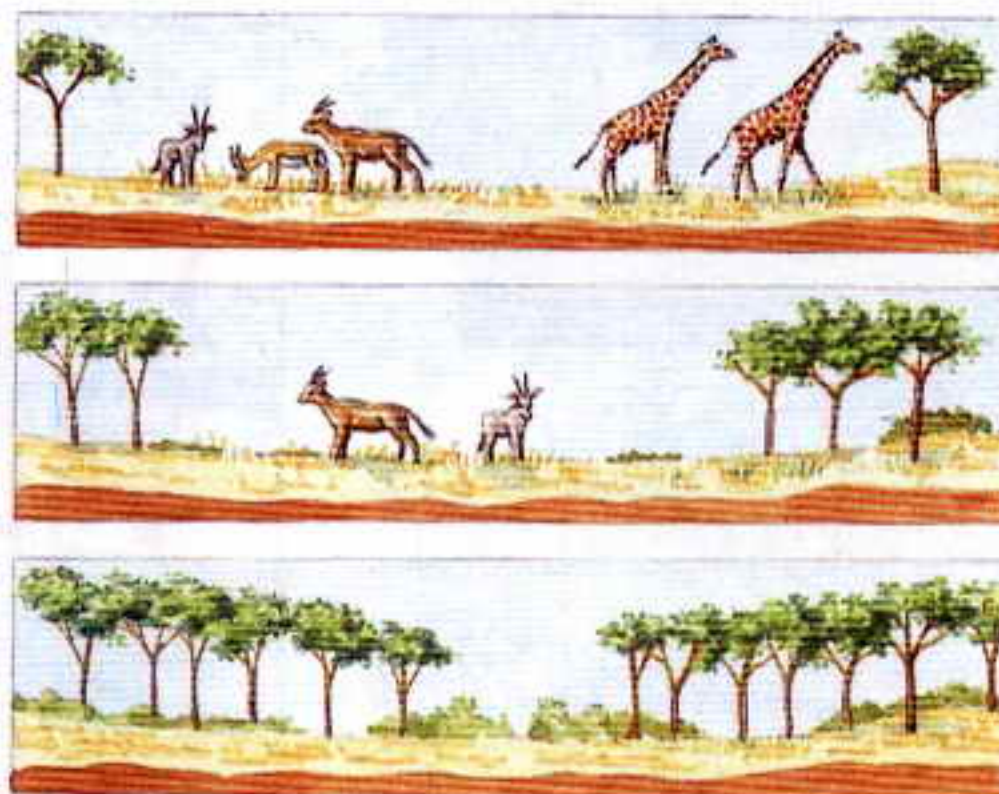
حدود الأنظمة البيئية

يختلف النظام البيئي عن محيطه بشكل ما؛ إذ يُولّف محيطه جزءاً من أنظمة بيئية أخرى. بعض الأنظمة البيئية ذات حدود متميزة - كالحودود بين غابة وبحيرة. والمواطن والمجالات البيئية تتغير فجأة، لكن الكثير من الأنظمة البيئية تتداخل وتندمج معاً وتولّف منطقة الاندماج هذه منظومة بيئية انتقالية تختلط فيها النباتات والحيوانات من كلا النظامين البيئيين.

الحيوانات الرائعة تبقى السهوب العشبية على حالها، لأنها تأكل بايرات الشجر.

إذا تناقص عدد الحيوانات، فقد تنبت الأشجار وتنمو، فتحجب ضوء الشمس عن الغشب.

أخيراً، تكتسح الأشجار المنطقة وتكون غابة.



التعاقب

تنمو الجماعات وتزايد حتى تبلغ وضعاً مستقرّاً يوصف بأوج المجموعة البيئية. تدعى عملية التحول من نظام بيئي، كسهب عشبي، إلى غابة مثلاً تعاقباً أولياً. أما إذا دمر النظام البيئي طبيعياً أو بفعل الإنسان، واستعاد وضعه السالف فهو تعاقب ثانوي.

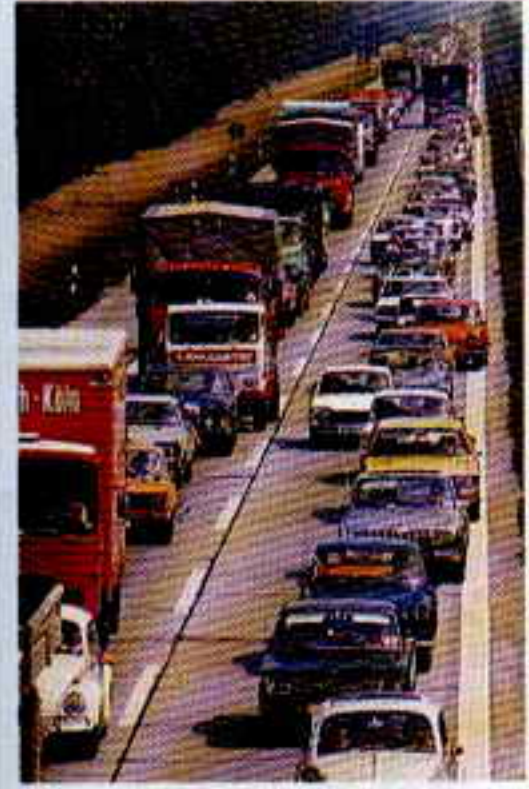
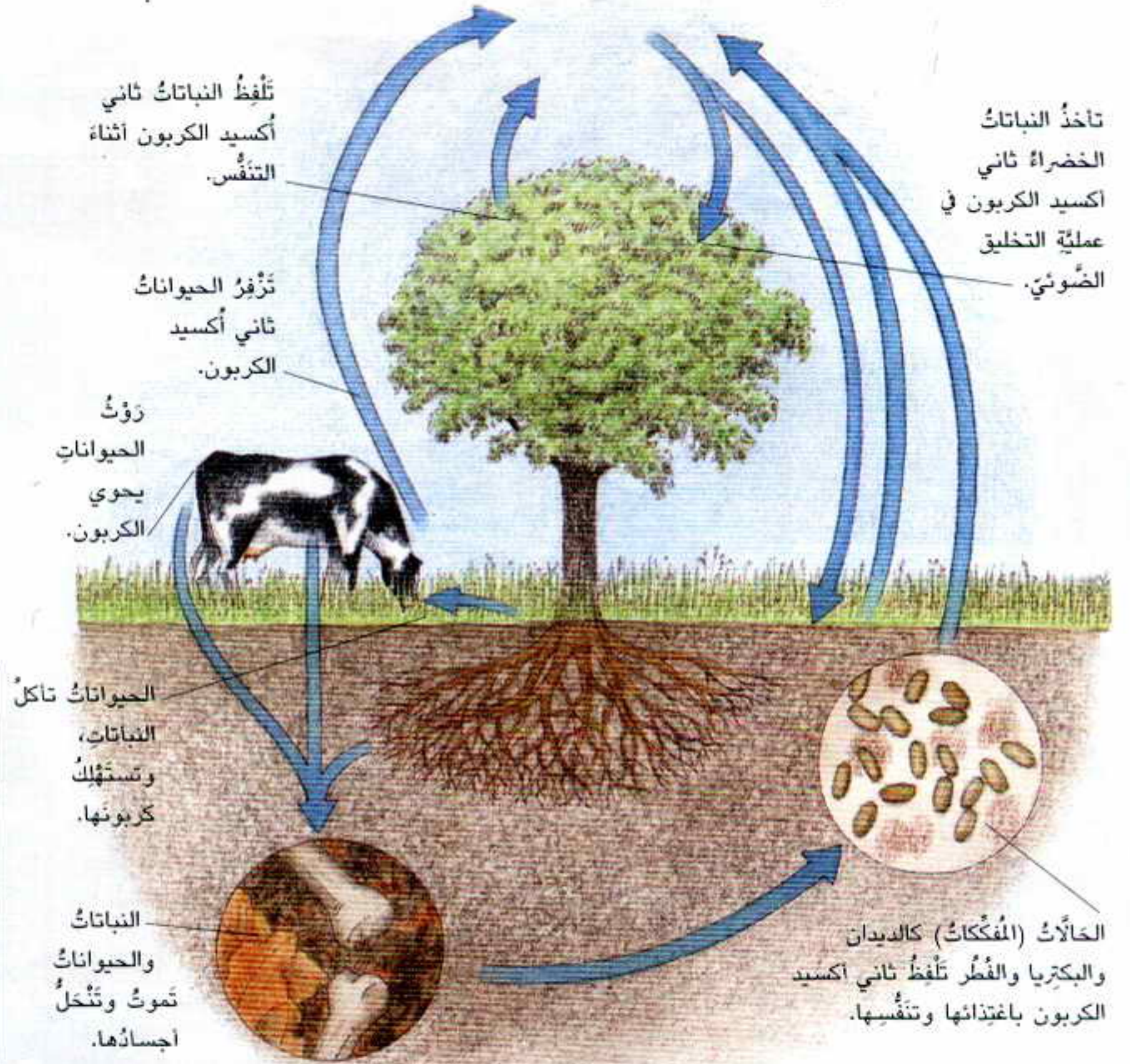
لمزيد من المعلومات انظر

المناخ ص ٢٤٤
البحر ص ٢٤٨
الأرض ص ٢٨٧
دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢

دورات في الغلاف الحيوي

ربما كان بعض جسمك فيما مضى جزءاً من دينصور! ذلك لأن موادَّ جسدك الأساسية قد أُعيد تدويرها مرّات عديدة، فاستخدمتها حيوانات ونباتات أخرى قبل أن تصبح جزءاً منك. فالكائنات الحية تأخذ الماء والكربون والنيتروجين والأكسجين وتستخدمها لتعيش وتنمو. ولو كانت هذه المواد تُستخدم لمرة واحدة فقط لكانت نفذت منذُ أزمان. إن جميع الحيوانات والنباتات تتنفس وتنمو، ومَصيرها أن تموت وتتحل. وبانحلالها تنطلق مواد أجسادها إلى الغلاف الحيوي ليعاد استخدامها.

ثاني أكسيد الكربون في الجو.



التسمم بالرصاص
الأذخنة المبتعنة من السيارات أثناء حركة السير تُطلق ما يزيد على ٢٢٥,٠٠٠ الرصاص في الجو كل سنة. هذا الرصاص يمتزج بالهواء ويمتصه البشر والحيوانات الأخرى فيسمم أجسادهم. والأطفال بخاصة هم الأكثر تضرراً بهذا الخطر.

دورة الكربون

عُصّر الكربون أساساً أجسام الكائنات الحية كلها. وهو أصلاً من مكونات ثاني أكسيد الكربون في الجو. النباتات الخضراء وبعض البكتيريا تأخذ ثاني أكسيد الكربون من الجو لتصنع غذائهما، والحيوانات تأكل النباتات فتأخذ الكربون. ويعاد هذا الكربون إلى الجو كثاني أكسيد الكربون في تنفس الكائنات الحية أو في فضلاتها أو حين تموت وتتحل أجسادها.

في الليل، تأخذ النباتات الأكسجين وتُلفظ ثاني أكسيد الكربون.

الأكسجين في الجو

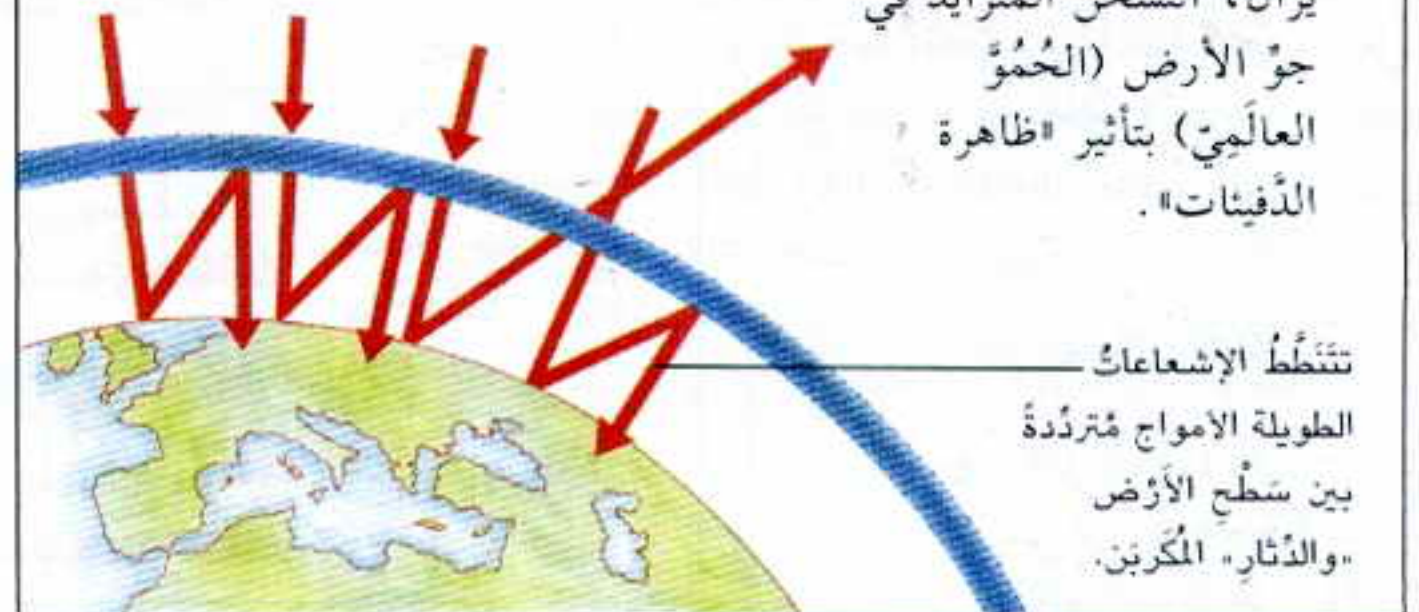


دورة الأكسجين

تأخذ الكائنات الحية الأكسجين من الهواء، وتستخدمه لإطلاق الطاقة من الأغذية التي تأكلها. وقد تستخدمه أيضاً مع الكربون والهيدروجين والنيتروجين لابتداء جزيئات جديدة في أجسامها. ويعاد إطلاق الأكسجين إلى الجو من النباتات الخضراء خلال عملية التخليق الضوئي، ومن النباتات والحيوانات كجزء من ثاني أكسيد الكربون في عملية التنفس.

الحُموم العالمي

إحراقنا للرُّبوت والفحم والحطب يُطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الجو. وقد غدا الفيض من هذا الغاز يُؤلف «دثاراً» مُكربناً حوّل الأرض تعبّره معظم الإشعاعات القصيرة الأمواج الواردة من الشمس؛ لكن معظم الإشعاعات الطويلة الأمواج المبتعنة من الأرض عاجزة عن اختراقه - ممّا سبّب، ولا يزال، التسخن المتزايد في جو الأرض (الحُموم العالمي) بتأثير «ظاهرة الدفيئات».



دورة النروجين

جميع الكائنات الحية تحتاج إلى النروجين لصنع البروتينات؛ لكن معظمها لا يستطيع استخدام نروجين الهواء مباشرة. لذا ينبغي تثبيت النروجين، أو اتحاده بعناصر أخرى لتكوين النترات أو النترينات. النباتات تستطيع امتصاص النترات، والحيوانات تأكل النباتات فتحصل على حاجتها من النروجين. وتتم عملية التثبيت بواسطة بكتيريا النترية أو الطحالب والأشنات. وتعيش البكتيريا النترية في التربة أو على جذور نباتات كالسلي والفاصولياء والبقول والبرسيم. وفي المقابل تفكك البكتيريا المزيللة للنترية فضلات الحي من الحيوانات والنباتات ووفات الميت منها، لإطلاق النروجين وإعادته إلى الجو.

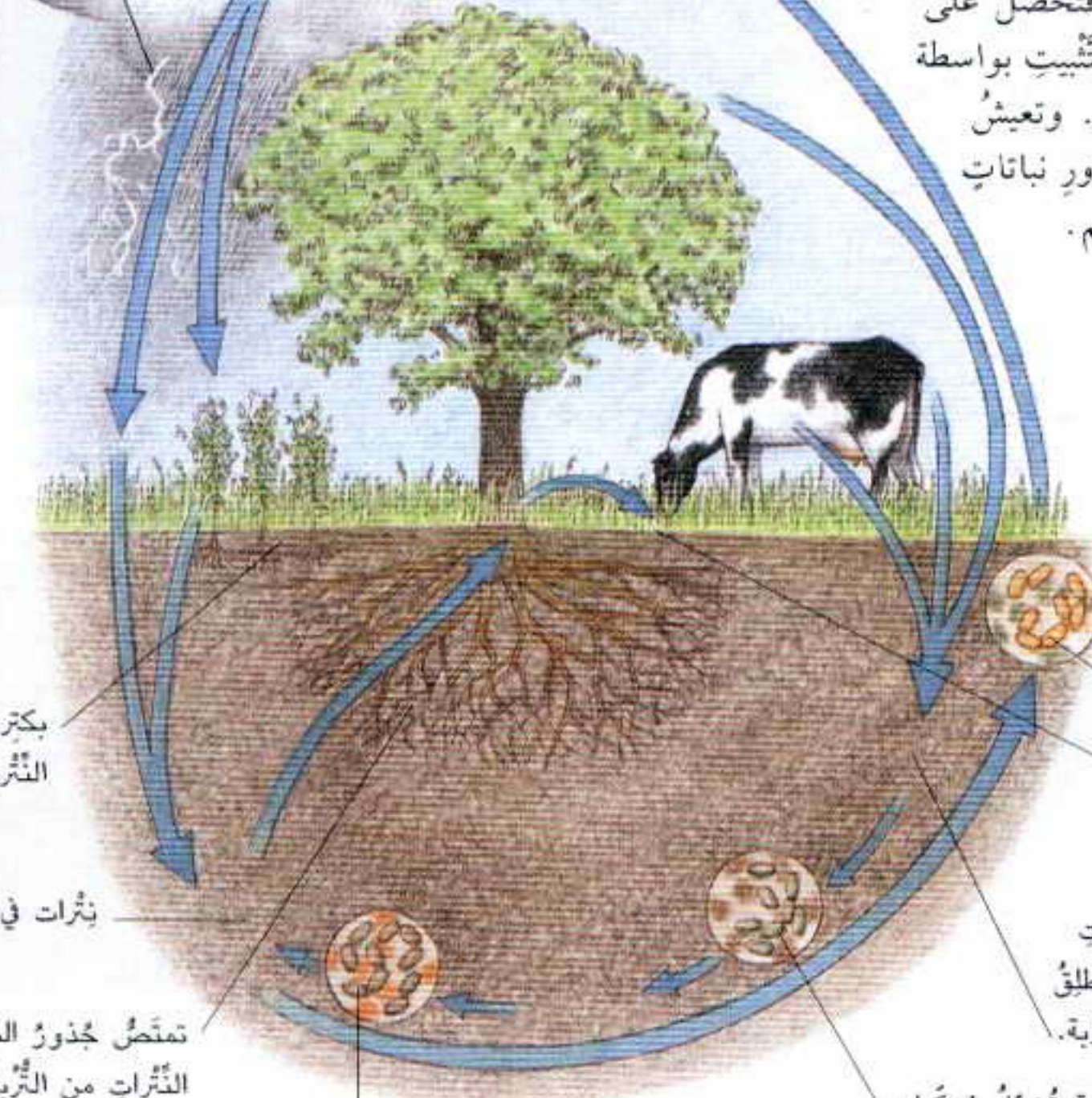
غاز النروجين في الجو

بفعل البرق، يتحد النروجين بالأكسجين ويشق كحامض نتريك مخفف مع المطر.



فرط المغذيات

تكثر المغذيات في بيئة مائية عذبة (كالبحيرة) مما يؤدي إلى فرط نماء الطحالب. وهذا يعزز نماء البكتيريا الحيوانية التي تحلل الطحالب الميتة - مستفيدة بذلك مورد الأكسجين، فيتعدّر حينئذ بقاء وعيش المتعضيات على اختلافها.



البكتيريا المزيللة للنترية تمتص النترات وتطلق النروجين في الجو.

تأكل الحيوانات النباتات وما بها من نترات.

فضلات الحيوان والنباتات والحيوانات الميتة تبتلى فتطلق مركبات النروجين في التربة.

بكتيريا النترية في التربة تحول مركبات النروجين إلى نترينات.

بكتيريا النترية في التربة تحول النترينات إلى نترات.

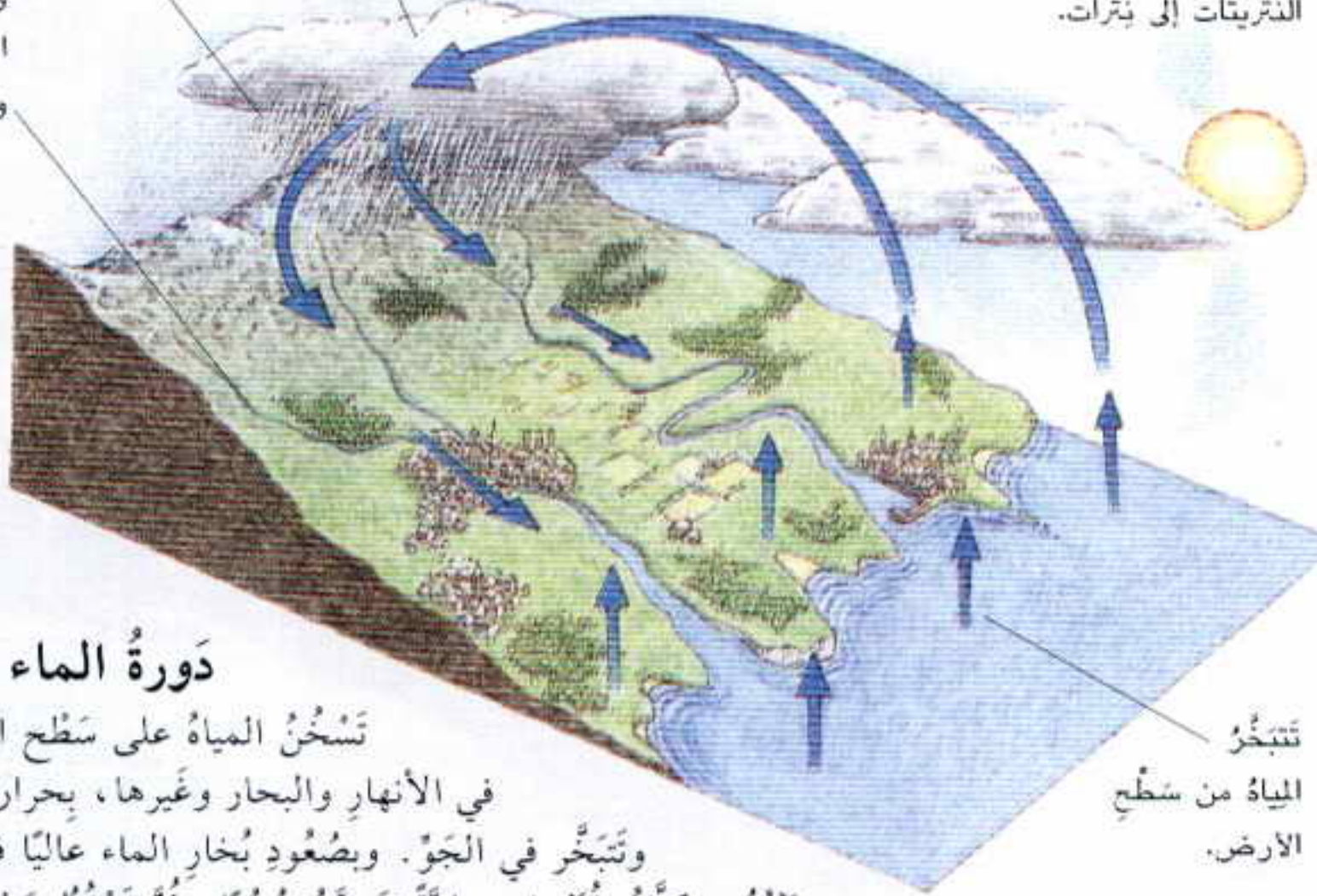
بكتيريا النترية في جذور النبات تحول النروجين والنترجينات في التربة إلى نترات.

نترات في التربة تمتص جذور النبات النترات من التربة.

يتبخر بخار الماء من سطح الأرض في التساقط، يعود مطراً.

في التساقط، يعود الماء إلى الأرض.

ويعود الماء إلى الأنهار والبحار.



دورة الماء

تسخن المياه على سطح الأرض، في الأنهار والبحار وغيرها، بحرارة الشمس وتتبخّر في الجو. ويصعد بخار الماء عاليًا في الجو، يبرد ويتكثف قطرات مائية تتجمع سحبًا، ثم تسقط مطرًا على سطح الأرض.

تتبخر المياه من سطح الأرض.

التلوث

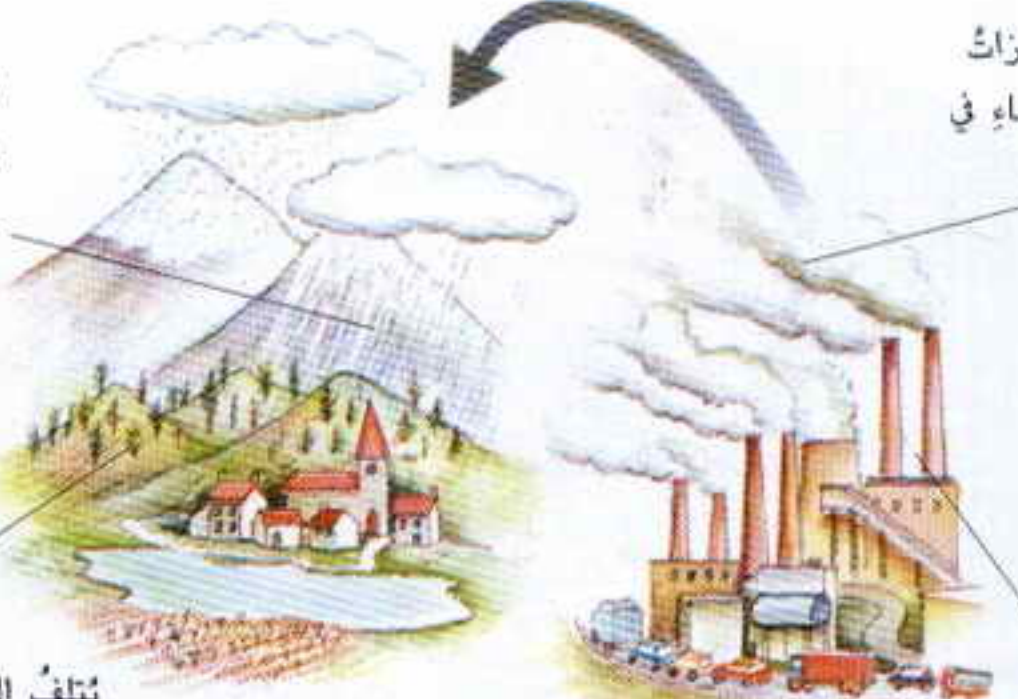
فضلات المصانع لوّثت العديد من الأنهار والبحيرات فقصّت على الحياة البرية فيها. كذلك يشكل النفط المنسكب في البحر خطورة بالغة على الأحياء البرية، لأنه يخترق ويثقل ريش الطيور وفراء الحيوانات فيعجزها عن الحركة وتحصيل القوت - فتموت جوعًا وبردًا.



تنتزع الغازات بفطريات الماء في الهواء.

المياه الملوثة تتساقط مطرًا حامضيًا.

المطر الحامضي يتلف النباتات ويؤذي الحيوانات والمباني، ويمتزج بمياه الأنهار والبحيرات والبحار.



الأبخرة السامة تطلق في الجو.

المطر الحامضي

الغازات السامة من محطات القدرة والمركبات تترج بالماء في الهواء، ثم تسقط مطرًا حامضيًا يندو جزءًا من دورة الماء. وهذا الحامض، في ماء المطر، يهدد الحياة البرية في جميع المنظومات البيئية حيثما يسقط. كما إنه يؤثر في بني التماثيل والبيوت ويغتمت واجهاتها. وبفعل الرياح، تحمل الغازات الملوثة مسافات طويلة - فقد يحدث التلوث في بلد ما مطرًا حامضيًا في بلد مجاور.

لمزيد من المعلومات انظر

- الكربون ص ٤٠
- النروجين ص ٤٢
- الأكسجين ص ٤٤
- المناخات المتغيرة ص ٢٤٦
- تكون السحب ص ٢٦٢
- المطر ص ٢٦٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- التنفس الخلوي ص ٣٤٦

البشر وكوكبهم

يُقدّر العلماء عُمر الأرض ببضعة آلاف مليون سنة، لكنّ البشر لم يتواجدوا على سطحها إلا منذ وقت قصير جدًا نسبيًا (أقلّ من ثانية في يوم). وبنهاية القرن العشرين، سيبلغ عدد سكان الأرض أكثر من ٨٠٠٠ مليون نسمة؛ وهم بحاجة إلى طعام وماء وحيز للعيش وهواء للتنفس وطاقة لتشغيل مكناتهم. وكلّ هذا سينعكس سلبيًا على الكائنات الأخرى، حيوانات ونباتات؛ فستناقص مواطنها البيئية وتقلّ مواردها الغذائية تدريجيًا. لقد تسبّب البشر بالكثير من المشاكل البيئية الحالية كالحُمّو العالمي والمطر الحامضي والثقوب في طبقة الأوزون في أعالي الجوّ وغيرها. وليس هناك من حلول بسيطة لهذه المشاكل. لكنّا بثنا الآن أكثر إدراكًا لهذه المشاكل، ووعيًا لسبل الحد منها.



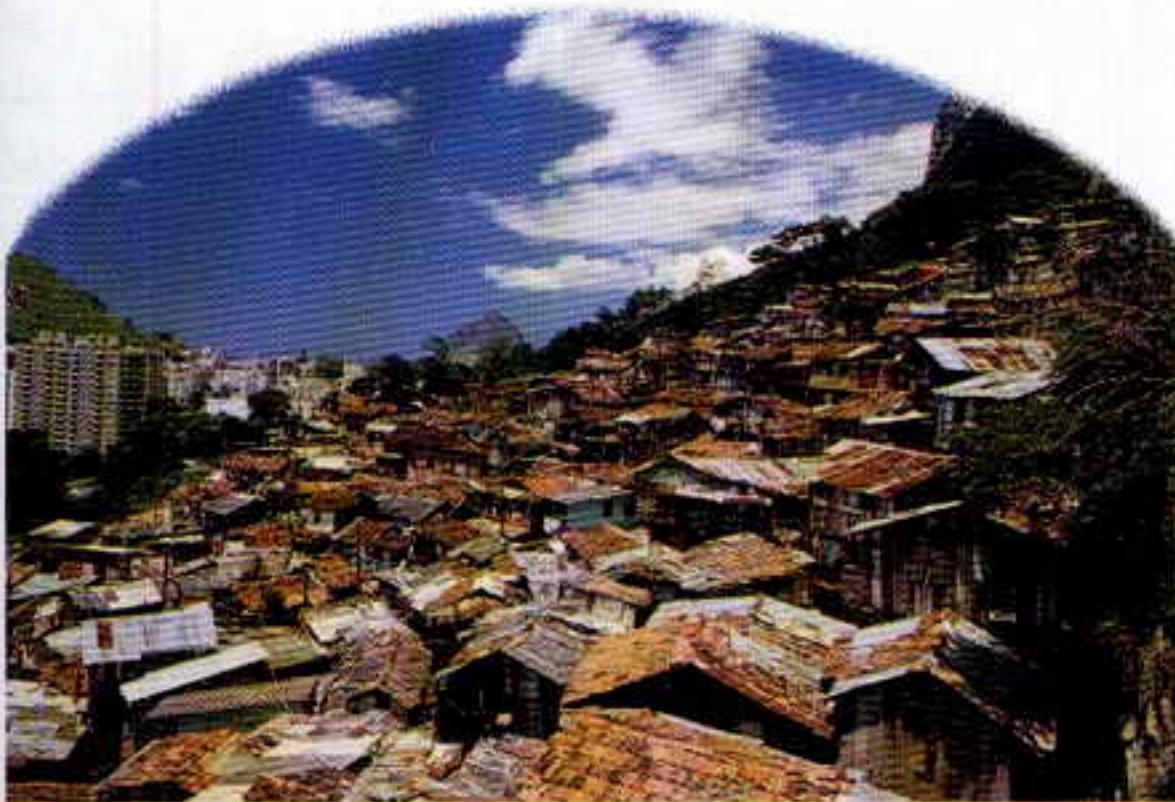
الكيمويّات الخطرة

بعض الكيمويّات التي تُرشّ بها الزروع سامّة للبشر وضارة بالبيئة. لذا يُفترض استخدامها بحكمة ودراسة، وكذلك ارتداء ملابس واقية أثناء استعمالها؛ لكنّ ذلك لا يتوافر دائمًا في البلدان النامية.



المأخوذ والمردود

يُحصل البشر من الأرض على موارد عديدة، لكنهم يُعيدون إليها غالبًا أشياء مؤذية كالتفاريك والملوثات. إنّ موارد الأرض من القمح والغاز والنّفط والفليزات ستَنْصَبّ يومًا؛ لذا يترتب علينا إيجاد موارد أخرى يُمكن تجديدها قبل نفاذ ما لدينا من الموارد التي لا يُمكن تجديدها.



الانفجار السكاني

على مدى آلاف السنين ظلّ عدد سكان العالم محدودًا، فلم يبلغ المليون (١٠٠٠ مليون) إلا في الثلاثينيات من القرن التاسع عشر. لكنّه استغرق فقط مئة سنة إضافية لتجاوز ٢٠٠٠ مليون نسمة. كما إنّ تعداد السكان العالمي قد تضاعف خلال الـ ٤٠ سنة الماضية فقط؛ ويُعتقد أنّه قد يبلغ ١٠,٠٠٠ مليون بنهاية القرن الحادي والعشرين. الصورة المُقابلة تُبيّن البيوت والخرائب المتلازمة على سفح تلة في ريو دي جانيرو، بالبرازيل.

كوارث التلوث

١٩٥٣-١٩٦٠ الانسمام بزيق المحار في خليج ميناماتا، باليابان، يتسبّب بتلف الدماغ لدى الكثيرين.

١٩٧٦ تسرّب مبيد الأعشاب في سيشو، بإيطاليا، يُسمّم مئات الأشخاص، ويحكم على الحيوانات الداجنة في تلك المنطقة بالقتل تخلصًا من أضرارها.

١٩٨٤ تسرّب الكيمويّات من مصنع في بهوبال، بالهند، يقتل ٢٥٠٠ شخص.

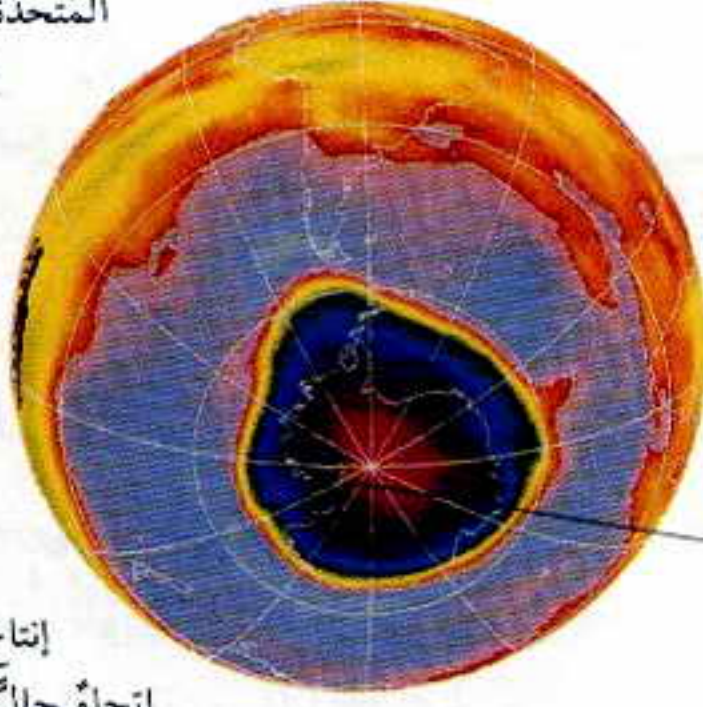
١٩٨٦ حادث المفاعل النووي في شرنوبل، بروسيا، يُصيب منطقة شاسعة بالتسمم الإشعاعي.

١٩٨٩ صهريجيّة يتسرّب منها ٤٠,٠٠٠ طن من النّفط مُقابل سواحل الأسكا فيقضي على آلاف الحيوانات.

١٩٩٣ صهريجيّة يتسرّب منها ٨٤,٠٠٠ طن من النّفط على مقربة من جُزر شتلاند، باسكتلندا، فيلوث المزارع والشواطئ ويقضي على الحياة البرية فيها.

ثَقْبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ فَوْقَ الْقَارَةِ الْقُطْبِيَّةِ الْجَنُوبِيَّةِ

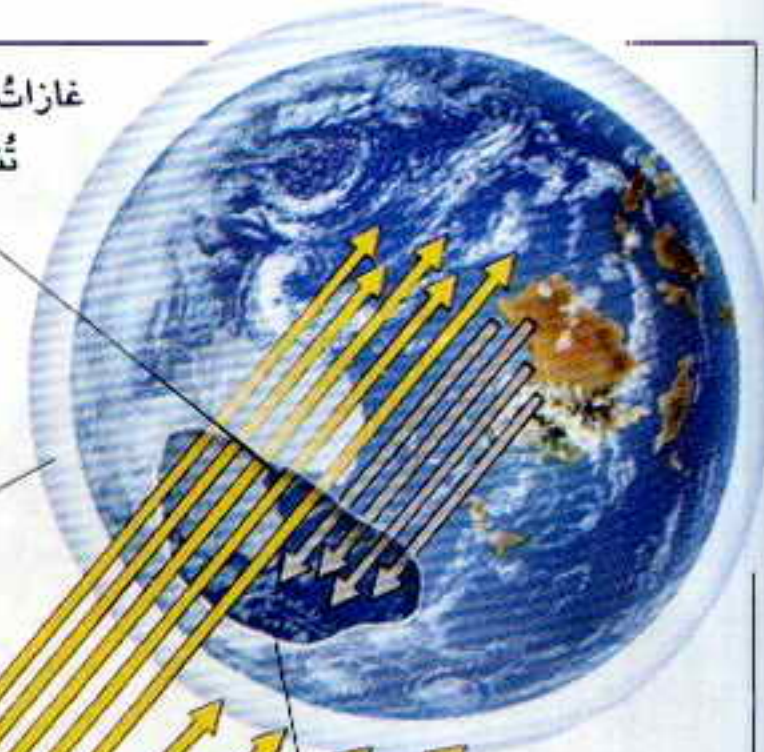
حوالي العام ١٩٨٠، اكتشف العلماء ثَقْبًا بِحَجْمِ الولايات المتحدة الأمريكية في طبقة الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية. هذه الصورة الملتقطة من الفضاء، تُبين الثَقْبَ بوضوح. كذلك اكتشف أيضًا ثَقْبٌ أصغر فوق القطب الشمالي، وأن طبقة الأوزون فوق أقسام أخرى من الأرض غدت أرق مما كانت عليه سابقًا. ويُتَجهي العلماء باللائمة في ذلك، بصورة رئيسية، على غازات كربون الكلور الكلوريني. وهذه الغازات تُستخدم في بعض البرادات والمبردات والمُكيّفات والمُطافئ، وفي إنتاج بعض أنواع الهولسترين ومواد التَّنظيف؛ وهناك اتجاه حاليًا إلى أن يُستبدَل بها سواها.



ثَقْبٌ فِي طَبَقَةِ الْأُوزُونِ

طبقة الأوزون المتكاملة تُمنع مُعْظَمَ إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية من الوصول إلى الأرض.

غازات كُربون الكلور الكلوريني، التي تُنتجها المصانع، تُنسابُ عاليًا في الجوّ وتدمر طبقة الأوزون.



قُرْطٌ من الإشعاعات فوق البنفسجية يعبر الثَقْبَ في طبقة الأوزون فيؤذي كل أنواع الحياة على الأرض.

طَبَقَةُ الْأُوزُونِ

تُوجد طبقة الأوزون على ارتفاع ١٥ إلى ٥٠ كم فوق سطح الأرض؛ وهي تقي الأرض من مُعْظَمَ إشعاعات الشمس فوق البنفسجية المؤذية. إن تزايد هذه الإشعاعات المُفرط قد يُغيّر البنية الجينية (الوراثية) للنباتات والحيوانات ويسبب سرطان الجلد في البشر. هذا وقد حدثت ثَقُوبٌ في طبقة الأوزون، سمحت بعبور مزيد من هذه الإشعاعات إلى الأرض. ففي القارة القطبية الجنوبية تُعطل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية العوايق عن التخليق الضوئي (تحضير الغذاء باستخدام ضوء الشمس) مما يُخلل بالسلاسل الغذائية في البحر.

يتألف جُزءٍ من الأوزون من ثلاث ذرات من الأكسجين. فعند بلوغ غازات كربون الكلور الكلوريني طبقة الأوزون تتفكك بفعل المستويات العالية للإشعاعات فوق البنفسجية مُطلقة ذرات الكلور. وهذه تتحد مع إحدى ذرات الأكسجين من كل جُزءٍ في طبقة الأوزون فتفككها.

كواشف التلوث الحية

بدراسة الكائنات الحية، يُمكننا معرفة مدى تلوث الهواء أو الماء. فبعض الكائنات يحتمل الكثير من التلوث بينما بعضها الآخر يزكو ويتزعرع في الهواء النظيف فقط. فالأشنة حساسة جدًا لتلوث الهواء لأنها تمتص المعادن من مياه المطر بكل سطوحها؛ فتتراكم السموم في أنسجتها وتقتلها.

البليوروكوكس (الطحلب المغفر الزاهي الخضرة) فقط يستطيع النمو في جو شديد التلوث. ولا وجود للأشنة هنا.

الأشنة القاسية التقشر كالأشنة الزائورية تُبين أن الهواء عالي نسبة التلوث.



الأشنة المورقة كأشنة البازميليلا تحتل نسبة قليلة من التلوث.

الأشنة الأزرقية الكثة تنمو في الهواء النظيف فقط.

الثَغف الجُرذِيَّةُ الذَّلِيل، وهي يرقات الذباب الخوام (من نوع إريستاليس)، تتنفس أكسجين الهواء مباشرةً عبر أنبوب طويل؛ لذا تستطيع العيش في مياه شديدة التلوث.

الدوديات الحمراء، التي هي في الحقيقة يرقات ذباب صغار (من نوع كيرونومس) تحتل نسبة عالية من التلوث.

قُرَيْدِسُ المياه الغدبة كإربيان چاماروس يحتمل نسبة قليلة من التلوث.

خواري ذبابية الصُّخُور (كاليرلا الثنائية الترقط) تعيش في المياه النقية فقط.

لمزيد من المعلومات انظر

- الحفازات ص ٥٦
- مصادر الطاقة ص ١٣٤
- الجو ص ٢٤٨
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤

الفضلات وإعادة تدويرها

في العالم الطبيعي لا يُهدَر شيء. فهناك كائنات حية تُدعى الحالات أو المُفككات العضوية تغتذي بالمواد الميتة والمُتعفنة وغيرها من الفضلات العضوية الدروكة (الحلولة) حيويًا، فتفككها بحيث يمكن إعادة تدوير مكوناتها واستعمالها مجددًا. لكن إعادة التدوير الطبيعي هذه تختل بضخامة كميات النفايات الناتجة من استعمالات الناس اليوم؛ وهي في معظمها، كاللبن والزجاج ومُعظم اللدائن، غير دروكة حيويًا. فهذه إن رَميناها كما هي، قد تبقى دون انحلال مئات السنين، حتى ولو تأكلها الصُّدأ أو تفتت قطعًا صغيرة، لأن الحالات لا تستطيع أكلها؛ فتظل تلوث الجو واليابسة والماء. ويمكننا، بدل رمي هذه الأشياء، إعادة تدويرها بإرجاعها إلى المصانع لِتُستخدَم مُجددًا. كما يُرتجى تجنب استعمال المواد غير الدروكة حيويًا، والإقبال على شراء الأصناف المُغلَّفة أو المُعبأة بـ مواد دروكة حيويًا والأقل تلويثًا للبيئة.

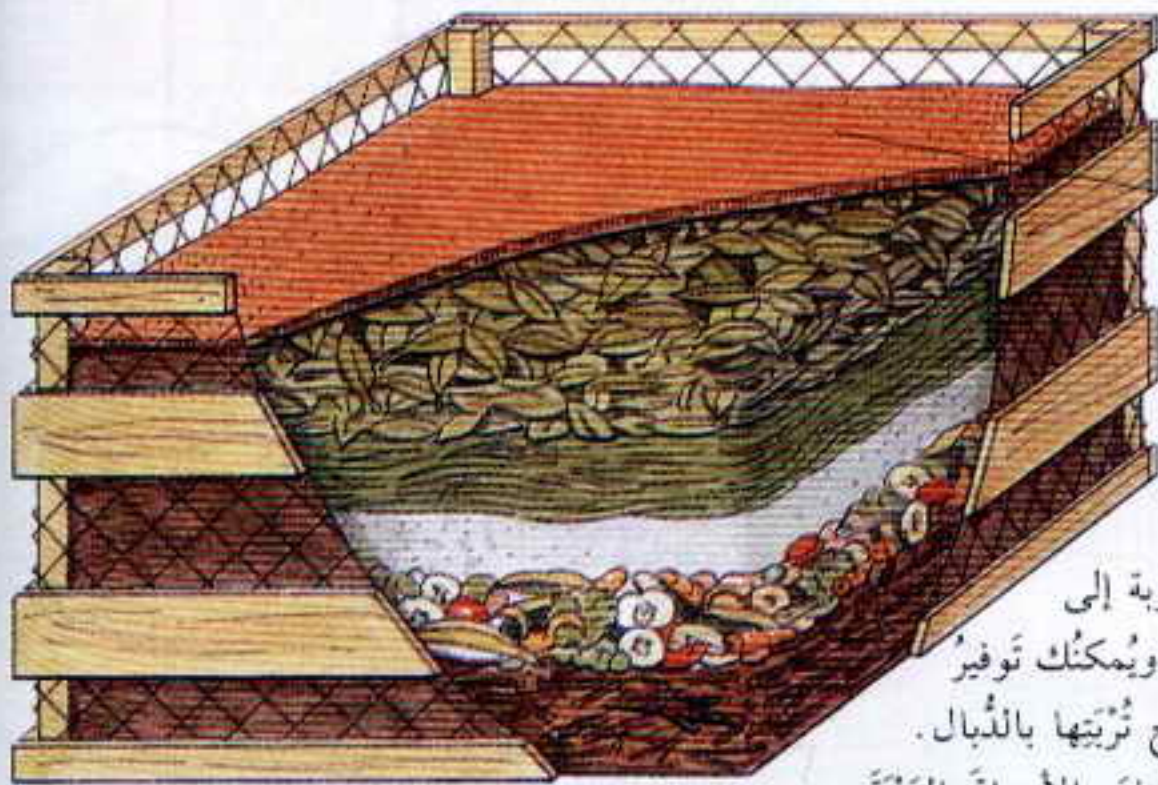


الحالات

الكائنات الميتة يُعاد تدويرها طبيعيًا. فتغف (يرقانات) الذباب على هذه الرُبابية الميتة هي حالاتها. وهي، كما الحالات والمُفككات الأخرى تُساعد على تنظيف البيئة وجعل مواد الفضلات العضوية مُتاحة مُجددًا لاستخدام النباتات والحيوانات الأخرى. فعندما تنفك المواد أو تنحل نفاً دقيقة، تستطيع البكتيريا والفطريات، وهي الحالات الرئيسية مُعالجتها.

مكبات النفايات

النفايات البشريّة لا بُد من طرُحها في مكان ما؛ ومُعظم وسائل التخلّص منها قد تُضرّ بالبيئة. فالكثير من النفايات الصلبة يُطرَح في حُفر ضخمة كمواقع ردم. وتقوم جرّارات ثقيلة ضخمة بقرشها ودكها لِتُشغَل حيزًا أقل؛ كما تُغطى بالتراب وتُدك يوميًا لِمنع الطيور والحيوانات من الإغذاء عليها ونشر الأمراض. لكن هذا إن أخفى النفايات الصلبة، فإنه لا يمنع السوائل السامة من السُروب إلى المياه الجوفية؛ كما إن ارتفاع الحرارة في مطاميرها يُنتج غازات لُهوبية قد تتفجّر وتسبب الحرائق.



غطّ المدبلة (كومة الدبال) بسجادة قديمة أو بالخيش لحفظ الحرارة في داخلها.

كيف تُعدّ مدبلة (لتسميد مزرعائك)

أوراق النبات وأجزاء الأخرى الميتة تنحل في التربة إلى مُعدّيات يُحسَب بها الزرع. ويمكنك توفير سماد إضافي لحديقك بِمَرَج ثريتها بالدبال. فبدل أن ترمي الحُصَر والأزهار والأوراق الميتة، من الحديقة، يمكنك تجميعها في مدبلة تُعدها كما يلي: في زاوية من الحديقة، جَمْع طبقات من الفضلات النباتية في حاوية مناسبة - مُغطيًا كُل طبقة بالتراب لحفظ الحرارة المُتولدة من فعل الحالات فيها. أبق المدبلة رطبة لأن الحالات تنشط في ظروف الدفء والرطوبة، وانتظر عدّة أشهر لِيتكوّن الدبال. حاذِر من وجود مواد لُهوبية حول المدبلة لأن درجة الحرارة ترتفع في نهاياها، وقد يلتهب بها الغاز المُتولد.

معدّل النفايات

في البلدان المُتقدّمة صناعيًا، حيث تُسود أساليب الحياة العصريّة، تزيد نفايات العائلة المُتوسطة على الطن سنويًا. وتتألف هذه النفايات في مُعظمها من ورق التغليف والفضلات المطبخية؛ والكثير من هذه يمكن إعادة تدويره واستعماله مُجددًا.

صندوق النفايات لعائلة مُتوسطة

٣٠٪ ورق وكرتون

٢٢٪ فضلات مطبخية

١٠٪ زجاج

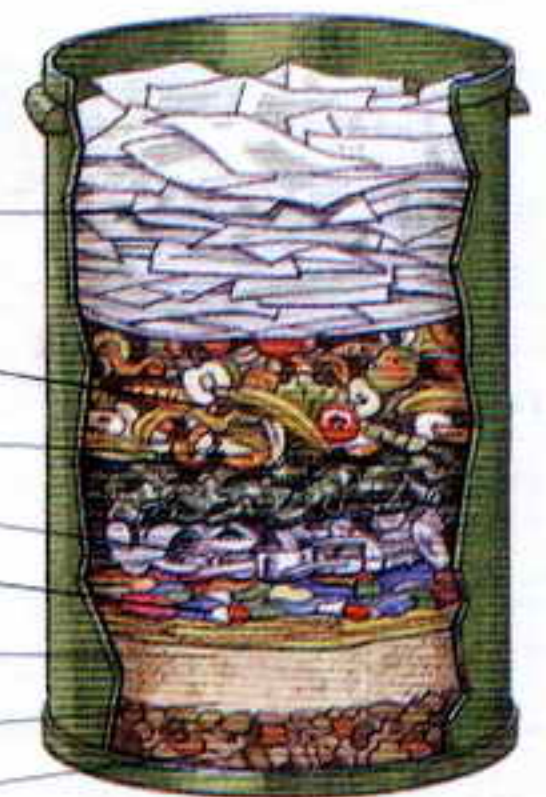
٩٪ فلزات

٥٪ لدائن

٣٪ أقمشة

١٠٪ غُبار

١٠٪ نفايات أخرى



لمزيد من المعلومات انظر

- الجرائم (البكتيريا) ص ٣١٣
- الفطريات ص ٣١٥
- التغذية ص ٣٤٢
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠

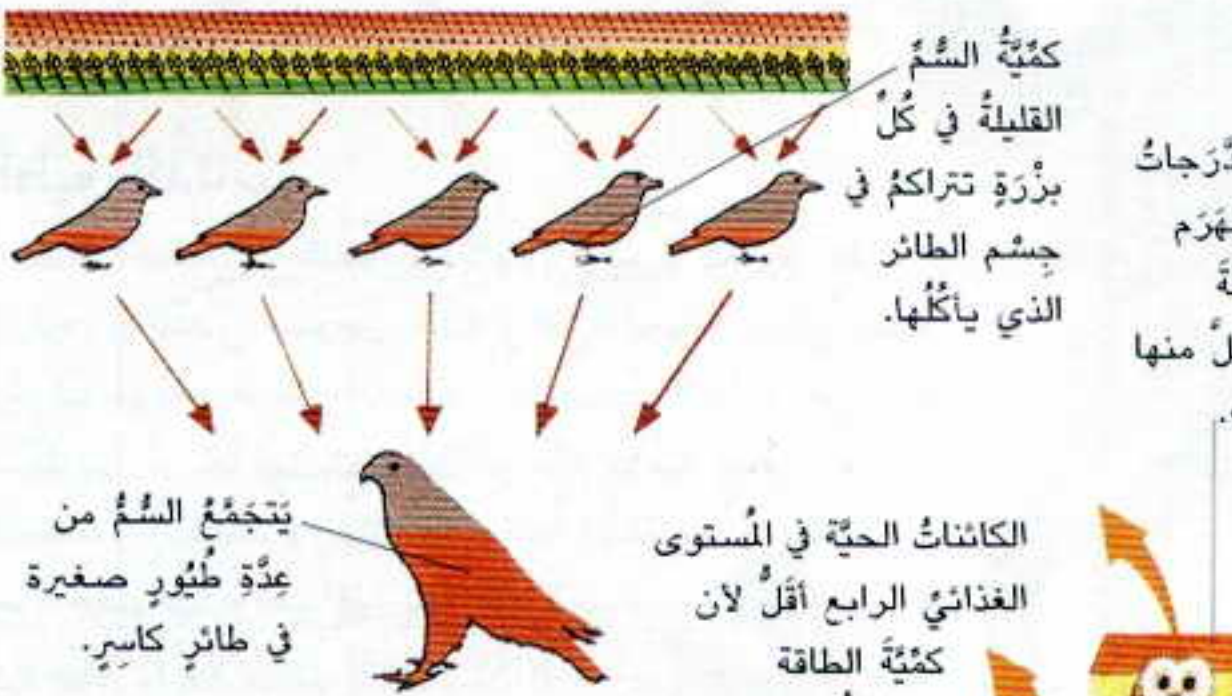
السلاسل والشبكات الغذائية

ترابط مجموعة الكائنات الحية في نظام بيئي، من حيث اغتذاؤها بسلسلة غذائية - يأكل الكائن في السلسلة ما دونه، وبدوره يأكله ما فوقه. فمثلاً في سلسلة «ثعلب - أرنب - نبتة» الأرنب يأكل النبتة، وهو بدوره يأكله الثعلب. النباتات قادرة على تخليق غذائها باستخدام طاقة ضوء الشمس، وتدعى مُنتجات. أما الحيوانات فلا تستطيع تخليق غذائها ذاتياً، فتتغذى بالنباتات والحيوانات الأخرى، وتدعى مُستهلكات. أحياناً تتغذى الحيوانات بأكثر من نوع واحد من الغذاء، فتتداخل بذلك ضمن عدّة سلاسل غذائية. وتؤلّف تلك السلاسل حينئذ شبكة غذائية.



السلسلة الغذائية

سلسلة من الكائنات الحية يُشكّل الواحد منها غذاءً للذي يليه، كسلسلة النبتة - الأرنب - الثعلب مثلاً. وكلّما تزيد حلقات السلسلة الغذائية على ثلاث حلقات أو أربع. فعند الحلقة الرابعة غالباً ما تكون كمّيّة الطاقة كلّها قد استُنفِدت.



السّم في سلسلة غذائية

تتراكم السّموم بالانتقال عبر السلسلة الغذائية. فالكيماويات السامة التي تُرش بها الزروع، لإبادة الحشرات، تنتقل منها إلى الطيور التي تقتات ببزور تلك الزروع. فإذا أكل طائر كبير عدداً من هذه الطيور الصغيرة، تتراكم كمّيّة السّم في جسمه، وقد تكون كافية لقتله أو تجعل الأُنثى منه تضع بيوضاً رقيقة القشرة جداً بحيث تنكسر وتتلّف عندما يَرُخَم الطائر الوالد عليها. ويدعى هذا التراكم السّمّي تضخيماً حيويّاً.



هرم طاقة

المستويات الغذائية

من الوسائل المستخدمة في دراسة جالية بيئية ترتيب كائناتها الحية في مستويات غذائية. وتعتمد هذه المستويات على أعداد أو كتلة (الكتلة الحيوية) الكائنات الحية في المستوى نفسه من الشبكة الغذائية، أو على كمّيّة الطاقة التي تخزنها مجموعة الكائنات في ذلك المستوى. وترسم هذه المستويات بيانياً كمدرج، هرمي غالباً، لأن كمّيّة الطاقة تتناقص بالانتقال صعوداً من مستوى إلى الذي يليه.

الشبكة الغذائية

قد تشمل الشبكة الغذائية كائنات حية من عدّة منظومات بيئية. ففي الشبكة الغذائية أعلاه، لجالية بحيرة، يعيش بعض الحيوانات والنباتات في الماء وبعضها الآخر على اليابسة. فالمنتجات، من نباتات مائية وعوالق نباتية، تُشكّل طعاماً للعاشبات (أكلات النبت) كالعوالق الحيوانية والقواقع والحشرات وبعض الأسماك. والعاشبات بدورها تأكلها اللاحمات (الحيوانات آكلة اللحوم) من حشرات وأسماك أخرى ولبنونات. وأيّ تغيير في أعداد النوع من أيّ حلقة يؤثر حتماً في نباتات وحيوانات الشبكة بأكملها.

جوناثن پورت

المُحاضر والكاتب البريطاني، جوناثن پورت (١٩٥٠ -)، هو من ألمع الناشطين في تثقيف الناس حول ضرورة الاهتمام بالأرض وبالحياة البرية فيها. وقد ركّز پورت جهوده في "سياسة الخضر"، وتقدّم كمرشّح عن حزب الخضر البريطاني في مجلس العموم، ثم أصبح مديراً لجمعية أصدقاء الأرض. وفي العام ١٩٩٠، تخلّى عن منصبه لينصرف إلى إلقاء المحاضرات والأحاديث الإذاعية والتلفزيونية والكتابة عن قضايا "الخضر" حول العالم.



لمزيد من المعلومات انظر

- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- التغذية ص ٣٤٢
- الإغذاء ص ٣٤٣
- الهضم ص ٣٤٥
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨

الجماعات الحيوانية

الرُّمَّة من الذئاب، والقطيع من الطُّبَاء، والسَّرب من السمك، والرَّف من الطُّيور أمثلة على التجمُّعات الحيوانية. فقد تعيش الحيوانات جماعات كل الوقت أو تجتمع فقط أثناء التَّعشُّش أو الإغْتذاء في منطقة وزمن مُعيَّنين. وكثيراً ما تسود هذه التجمُّعات علاقات مُجتمعيَّة، فيتقاسم أفراد الجماعة وظائف خدَماتيَّة كتجميع الطَّعام والعناية بالصَّغار والدِّفاع عن الجماعة. كما إنَّ العيش جماعات يُتيح للصَّغار من الجماعة تعلُّم المهارات والسُّلوك الأصح من الكبار. وهكذا تتعرَّزُ إمكانات الجماعة في مُجابهة نزاع البقاء، وتنتقل معرفة وخبرة الجماعة إلى الجيل التالي.



تضطاد الذئاب جماعات، فيمكنها بذلك قنص حيوانات كبيرة كالأيائل.

الذئاب السيِّدة في القطيع تُحدِّد مناطقها برائحتها، فلا تقرُّبها ذئاب من قطيع آخر.

تغوي الذئاب نذيراً للقطعان المنافسة بعدم الإقتراب من مناطقها.

جراء القطيع تتعلَّم بمراقبة الكبار ومحاكاة تصرُّفاتهما.

الذئاب السيِّدة ترفع أذبالها في الهواء وتنصب أذنيها عاليًا.

الذئاب الخائفة تخفض ذيلها تعبيراً عن خضوعها.

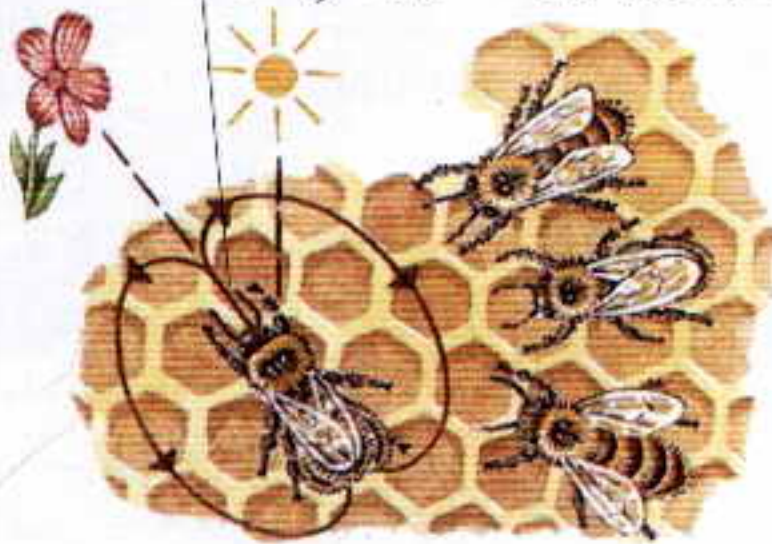
يستلقي الذئب الخائض على ظهره استسلاماً للذئب السيِّد دون مقاومة.



قطيع الذئاب

أعضاء القطيع من الذئاب (كانيس لوبس) تتعاون على البقاء، بالقنص جماعة والدِّفاع عن الجراء. فكلُّ ذئب يَعْرِفُ موقعه ضمن القطيع. فالذئاب السيِّدة تُعرب عن سيطرتها أو تفوقها بأوضاع جسديَّة خاصَّة تدعى لغة الجسد. وتستخدم الذئاب الخائفة لغة نفسها للتعبير عن خضوعها واعترافها بسيادة الأسياد. السيِّد والسيِّدة الأولان في القطيع كلاهما كبير الجسم سليمه. وفي العادة يقتصر إنجاب الجراء على سيِّدة القطيع.

جزء الخط المستقيم من مسار الرِّقْص يُمثِّل الزاوية بين الشمس ومكان الغذاء.



رقص النحل

نحلة العسل (آيس مليفرا) ترقص دائرياً لترشد النحل الآخر في الخلية إلى موقع مورد غذائي جيّد. وتناسب سرعة الرِّقْص عكسياً مع بُعد المورد عن الخلية - فكلما ازدادت السرعة، كان المورد أقرب.

جين جودول

العالمَّة الانكليزيَّة جين جودول (١٩٣٤ -) بدأت دراسة الشِّمبانزيات في محمية الحيوانات في حوض نهر جومبي في تنزانيا، بإفريقية. وبعد سنوات من البحث ومتابعة جماعات الشِّمبانزي في الغابات، توضّحت لجودول تفاصيل الحياة العائليَّة للشِّمبانزيات وأفضل الطُّرق لإحيائها. وتركزت مؤسَّسة جين جودول الاتِّبابة على أوضاع الشِّمبانزيات الحرجة ومصيرها المُهدِّد بخطر الإنقراض بسبب تدمير مواطنها البيئيَّة وتضيُّدها والمتاجرة غير المشروعة بها.



مُسْتَعْمِرات الطُّيور

يُعيش الكثير من طيور البحر، كالمُكَمَكف، الأصابع (سولا باسانا) في تجمُّعات كبيرة تدعى مُستعمرات - تقع فيها الطُّيور متباعدة فقط بقدر يتجاوز مدى التناثر. فالتَّعشُّش الجماعي أكثر أماناً، ومجال الإنذار بالخطر فيه أوفر.

لمزيد من المعلومات انظر

- الطُّيور ص ٣٣٢
- الرئيسات ص ٣٣٦
- الاغْتذاء ص ٣٤٣
- الحياة البريَّة في خطر ص ٣٩٨
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤

العشرة والتعايش

أنواع النبات والحيوان المختلفة قد تتعايش؛ وهذه العشرة قد تكون مفيدة لكلا النوعين في تكافل حيوي متبادل، كشقيق البحر النامي على محارة سلطعون؛ أو قد يكون مفيداً لواحد مضرراً بالآخر، كما البرغوث متطفلاً على كلب - يمتص من دمه ويهيئ جلده. وقد يكون التعايش مفيداً لأحد المتعايشين ولا يضر الآخر بشيء كسمكة الريمورا (اللشك) في حماية القرش (كلب البحر). ويمكن اعتبار غزو الثعالب ونبات آوى والراكونات والأوبوسومات لصناديق النفايات نوعاً من هذا التعايش مع البشر.



الحماية المتبادلة

نمل السنط (من نوع يسودوميريكس) يحمي سنط قرون الثور (أكاسيا كورنيجرا) في كوستا ريكا، بقرص الحيوانات التي تحاول أكل أجزاء من الشجرة. وفي المقابل توفر الشجرة للنمل مكاناً آمناً للتعايش داخل قرونها الكبيرة؛ كما تنتج الأكاسيا إفرازات حلوة تأكلها النمل.

القرش الماص في رأس سمكة الريمورا (اللشك) يحوي سلسلة من الصفائح.



الحماية مقابل الغذاء

السرطانات الناسكة لا محار صلبة لها. وهي تعيش في المحار الفارغة لصدفيات ميتة، وتنتقل منها إلى آخر أكبر عندما تضيق تلك المحار بها. ويعيش بعض شقيق البحر فوق محار السرطان الناسك. فيحمل السرطان شقيق البحر إلى مناطق أعذاء جديدة ويوفر له غذاء إضافياً من فتات طعامه. وفي المقابل تحمي لوامس شقيق البحر اللاسعة السرطان من اعتداء المعتدين.



سمكة اللشك (الريمورا)
خيوط خانيق
الكريستة القرنفلية
اللون.

المستفيد أحد المتعايشين

سمكة اللشك (ريمورا ريمورا) لها في أعلى الرأس قرص ماص تلتصق بواسطته بسمك القرش. فيوفر لها القرش الحماية وبعض الغذاء تلتقطه من سقاطة طعامه. والريمورا قد لا تفيد سمكة القرش بأكثر من إزالة بعض الطفيليات من جلدها.

شقيق البحر (كاليباكتيس پرازتيكا)
يشتصفي الغذاء من الماء؛ وقد يلتقط فتات الغذاء الساقط من السرطان (السلطعون).

السرطان الناسك
(يوباجورس
پريدوكسي) يخرج
رأسه ومجسديه

وكلابتيه الامامييتين والرؤجين الأوليين من رجلتيه، خارج المحارة، أثناء تنقلاته.

في العشرة خير للمتعايشين

نقار البحر الأحمر المنقار (بوفاجوس

إريثورنكس) يتسئم فراء الحيوانات

الإفريقية الكبيرة، كالزرافى، بحثاً عن

الأنفاد والذباب ماصة الدم ليغتذي

بها. فيفيد هو غذاء، وتفيد

الزرافة (جيراًفاً

كاملوباردايس)

خلاصاً من الآفات

المؤذية.

الشراكة بين نقار الثيران
والزرافة مثل على التكافل
الحيوي.

العشرة تفيد الواحد وتضر بالآخر

الكشوت (كاشكوتا إيشيوم) نبات عديم الكلوروفيل، يعيش متطفلاً على النباتات الأخرى فيسلبها قسماً مهماً من غذائها. في الشام يسمون هذا النبات الهالوك، وهو الحامول في مصر.

صورة عن قرب لقطع
شستعرض من جذع
نبات عائل نشبت فيه
جذور الكشوت.

تحترق جذور الكشوت
انسجة النبات العائل
وتمتص نُسغته.

جذع النبات
العائل



لمزيد من المعلومات انظر

النباتات الزهرية ص ٣١٨
قناديل البحر والشقائق البحرية
والمرجانيات ص ٣٢٠
الأسماك ص ٣٢٦
البلدان والمدن ص ٣٩٧

اللون والتّمويه

ألوان النباتات والحيوانات تخدم عادة أغراضاً معينة. فالوان النبات وأزهاره الزاهية تجذب الحيوانات التي بواسطتها تنقل حبيبات اللقاح بين الأزهار، أو تُشتر البزور بعيداً لانتاش نبات جديدة. ومن الحيوانات ما هو ذو ألوان زاهية لاجتذاب القرين، أو للتحذير من سمية أو للإيهام بها. والألوان الباهتة تُعين الحيوان على التّمويه والاندماج مع البيئة من حوله - وهذا يُمكن الضواري من مقارنة فرائسها ومفاجأتها، وفي الوقت نفسه يخدم الفرائس المُستهدفة في التّخفي عن عيون مُفترسيها.

الدباب الحوام غير مؤذي؛ لكنّ مُشاكهته للنحل أو الزنابير تُبعد المُفترسات عنه.

القسم السفلي الباهت اللون من أجنحة الفراش الأزرق الشائع (بوليوماتوس إيكاروس) يُموهها على بعض النباتات.

أزهار القمعية الأرجوانية الزاهية تجذب النحل الطنان الذي يغتذي برحيقها؛ وفي الوقت نفسه تحمل الطنانات حبيبات اللقاح، فتلقح ببعضها ما تزوره تالياً من أزهار.

القسم الأعلى من أجنحة ذكر الفراش الأزرق الشائع زاو برزقته لاجتذاب القرين.

الترقش الأخضر والبني في الجراد يُموهها بين الأعشاب.

من أجل البقاء

الظهور بشكل بارز ضروري لبعض الحيوانات والنباتات كما التّخفي والتّمويه ضروري لبعضها الآخر. فالكائنات الحيّة جميعها تتخذ اللون والنمط أو الشكل الأنسب لها من أجل البقاء.

تغيير اللون

يتغير لون بعض الحيوانات تبعاً للفصول بحيث تظلّ مموهة طوال السنة. فالقائم (مستل إرمينا) ينيّ أسمر القروّة معظم أيام السنة. لكنّ لون فروته يتحول شتاءً، حيث تتساقط الثلوج، إلى البياض عدا خصلة طرفيّة في نهاية ذيله.

ألوان الدغشوقة الزاهية تُخدّر المُفترسات من طعمها الكريه.

دكور غنيّة بالألوان

ذكور الطيور في كثير من الأنواع أغنى لونا وأزهي إشراقاً من الإناث. فالإناث ترخم غالباً على البيوض في العش وتعتني بالفراخ. ومن الطبيعي أن تجعلها الألوان الزاهية هدفاً بارزاً للمفترسات. في الصورة أعلاه فوطاط ذكر (فريجاتا ميتر) يتفخ جرابه الحلقّي الأحمر مختالاً لاجتذاب أنثاه.



الطبي المخطط (البونجو) (بوسركس يوريسيزوس)



النمر الداكن الرقط (نيوفيلس نيولونا)

الرقط والخُطوط

أنماط الرقط والخُطوط في كسوة الحيوان تُساعد في اتلاف لونه وشكله عموماً مع الوسط المحيط. فالنمر الأرقط والطبي المخطط تصعب رؤيتهما بين الظلال في الغابات التي يستوطنانها. ويلاحظ أحياناً تواجد هذه الرقط والخُطوط المموهة في بعض صغار الحيوانات وغيابها في أنوار الكبار التي بمقدورها أن تدافع عن نفسها أو تلوذ بالفرار عند الخطر.



هنري ولتر

بيش العالم الطبيعي والمكتشف

الإنكليزي، هنري بيش

(١٨٢٩-١٨٩٢)، درس التّمويه في الحيوانات؛ ولحظ أنّ بعض الحشرات غير المؤذية تُشابه المؤذية الكريهة شكلاً لتنجبها المفترسات. ويُعرف هذا الآن بالمُشاكهة البيسيّة. وقد أرتأى بيش أنّ تلك المُشاكهة تأصلت نتيجة لعملية الانتخاب الطبيعي.

لمزيد من المعلومات انظر

- التطور (النشوء بالتحوّل العضوي) ص ٣٠٨
- الزهرّيات (النباتات الزهرّية) ص ٣١٨
- المفصّليات ص ٣٢٢
- الطيور ص ٣٣٢
- الإغذاء ص ٣٤٣
- الحواس ص ٣٥٨

الهجرة والإسبات



مُنْتَرَه سِرِنجيتي
الوطني، بكينيا

الهجرة

تُهاجر الحيوانات طلبًا للغذاء والدّفء والماء والمَجال الحيويّ أو بحثًا عن مكان آمن تُربّي فيه صغارها. والمعروف أنّ الطيور، كالحُرَشنة القُطبيّة والفراسات تقطّع في هجراتها مسافات أطول من سواها. وفي فَصل الجفاف الإفريقي تَرحلُ الآلاف من ثيابل النّو (كُتوكيتس ثورينوس) قطعانًا نحو سُفوح التلال للرعي - صغارها تتبع كبارها. لكنّ الكثير من الحيوانات المهاجرة تقوم بالرحلة الأولى بنفسها، مُستعينة بموقع الشّمس أو النّجوم؛ ويُعتقَد أنّ بعضها حسّاسٌ لِمجال الأرض المغنطيسيّ، وأنّ الأسماك والحيّتان تهتدي بالتيّارات المُحيطيّة.

فصل جافّ
فصول المطر السنوي
يترأى بالابتعاد
شمالاً.



رحلة ثيابل النّو

الحيوانات المهاجرة
قد تقطّع آلاف

الكيلومترات. ففي

الفصل الرطب ترعى ثيابل

النّو في السهول الجنوبيّة

الشرقيّة من كينيا؛ وهي ترحلُ غربًا

في الفصل الجافّ ثمّ شمالاً نحو المناطق

الأغزر مطرًا. ثمّ تعود ثانية إلى الجنوب حيث تكون الأمطار قد أعادت

السهوب العُشبيّة الجافّة إلى الحياة مُجدّدًا. وتتبع الضواري مُفترسة

الثيابل، كالأسود، القطعان المُرْتَجلة، بالضرورة، حيثما تذهب.

الإسبات الشتويّ

تُفتر الأنشطة الحيويّة خلال الإكثنان الشتويّ، بما يُبقي الحيوان حيًّا فقط. فتُهبط درجة حرارة الجسم إلى ما فوق درجة حرارة الهواء بقليل، وتتناقص ضربات القلب وتُخفّض - كما يبدو في مُحطّط الإسبات أعلاه للرّغبة (ماسكارديئوس أفيلاناريوس).

مدى الإسبات الشتويّ

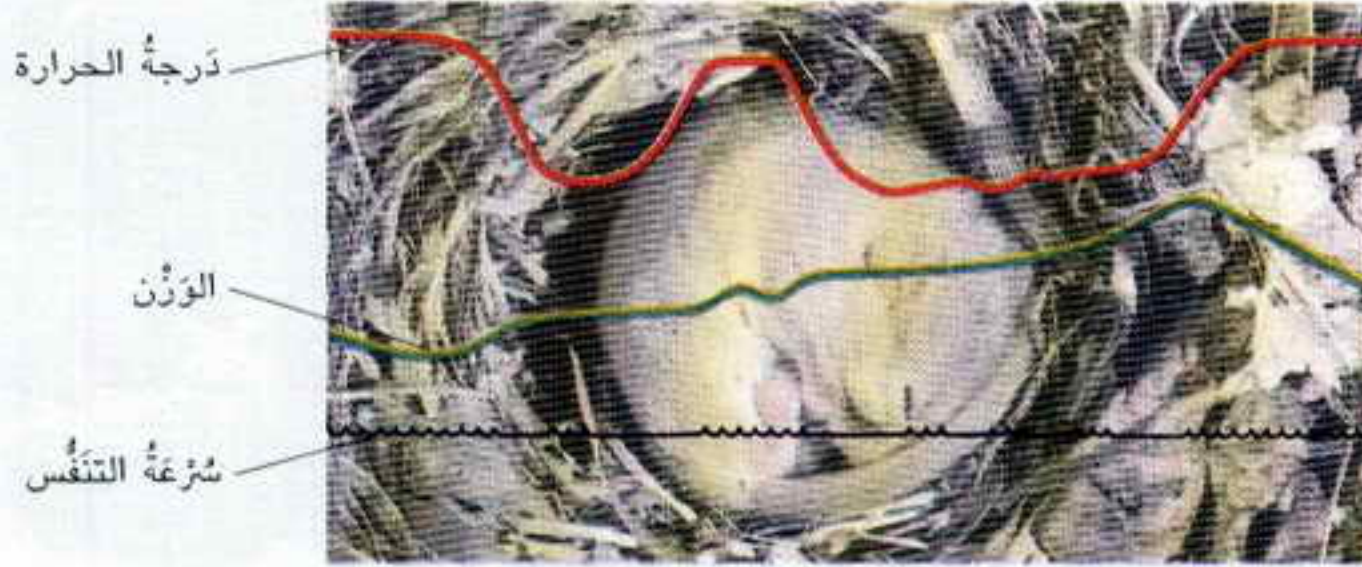
المُرموط قارض صغير حقيقيّ

الإسبات. هذا المُرموط الألبّي الأصفر

البطن (مارموتا فلافيفترس)، مثلاً،

يُسبّط دون حراك في نفقهِ أكثر من

نصف السّنة أحيانًا. بعض الحيوانات، كالذّبّة، جُرئيّة الإسبات؛ وقد تُستَكِنُ لفترات طويلة؛ لكنّ ضربات القلب فيها تكاد لا تُفتر؛ وإن طُرأت نوبة دَفء، فإنّها تُستَقِيق وتُعْتدي.



اغديّة قبل الإسبات
إسبات عميق
يقظة لفترة قصيرة
عودة إلى بعد الإسبات
تجاوز الجفاف

تُستوطن الأسماك الرئويّة

مُستنقعات تُفقد مياهها في فصل الجفاف.

فتُعتمد السّمكة الرئويّة إلى الانحجار في الوخل مُلتقّة داخل شُرْفَةٍ من المُخاط الرطب تُقلّل

تبخّر الماء من جسديها. وهي تتنفس عبر غطاء

من الوخل للشرقة. وعند عودة المطر، تخرج

السّمكة من شُرْفَتها وتُسعيد حيويّتها. هذا

الضرب من الإسبات في ظروف الحرّ والجفاف يُدعى التّصيف أو الإسبات الصّيفي.



السّمكة الرئويّة الجنوبيّ أمريكية
(لبيدوسيرين پارادوكسس)

لمزيد من المعلومات انظر

- بنيّة الأرض ص ٢١٢
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- التّغذية ص ٣٤٢
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤

مناطق القطبين والتندرا

في أقصى شمالي الأرض وجنوبها توجد منطقتا القطبين الشمالي والجنوبي، وهما أشد المنظومات البيئية قساوة على الأرض. وتعتبر القارة القطبية الجنوبية أبرد مناطق الأرض قاطبة - إذ تتدنى درجة الحرارة فيها إلى ٨٠°س تحت الصفر؛ وتهب الرياح فيها بسرعات قد تبلغ ٣٢٠ كم/سا. وحيث إنه لا يتوافر تنوع أحيائي كبير في هاتين المنطومتين، فإن الشبكات الغذائية فيهما بسيطة يسهل الإخلال بها. والحياة البرية، بطبيعة الحال، مكيفة للعيش في هذا المناخ.



توزع المناطق القطبية والتندرا في العالم

الفظ (فيل البحر)

يعيش الفظ (أودوبيس روزمارس) قطعاناً في المحيطات القطبية الشمالية، ويحميه جلده العاسي وطبقات الشحم تحته من البرد القارس ومن تعديلات الأقطاب الأخرى. ويستخدم الفظ نايته لإقتلاع المحار التي يغتذي بها؛ والنابان أطول في الذكور؛ وقد يسير طولهما إلى مترلة الفظ بين القطع.



هنالك مساحات شاسعة مغطاة بالجليد حول كلا القطبين. ففي المنطقة القطبية الشمالية، يطفو الجليد فوق البحر، وكثيراً ما لا تتجاوز سماكته بضعة أمتار. أما في القارة القطبية الجنوبية، فالجليد يغطي الكتلة الصخرية، وتبلغ سماكته في بعض الأماكن حوالي ٤ كيلومترات. وتتقي حيوانات تلك المناطق البرد القارس بفرائها الغليظة أو ريشها الكثيف أو بطبقات الدهن السميكة تحت الجلد - مما يحفظ لها دفئها. وتهاجر إلى منطقتي القطبين في الصيف أعداد ضخمة من الطيور، كالبطاريق وبظ العيدر، حيث تكثر الضواوي وتتوافر لها وفرة من الطعام في ذلك الموسم.



طائر الخرشنة القطبي (الشمالي)

طيور الخرشنة القطبية (ستينا براديسيه) تُربي فراخها في صيف القارة القطبية الشمالية، ثم تهاجر إلى الطرف الآخر من الأرض ليمضي الصيف في القارة القطبية الجنوبية. وهي بذلك تنعم بساعات من ضوء النهار أكثر من أي كائن حي آخر.

الحوت الأبيض

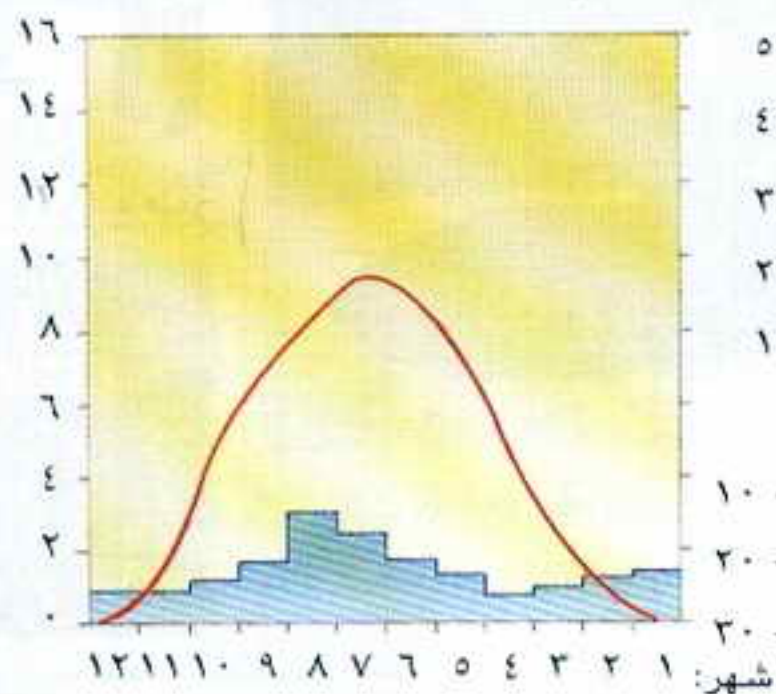
الدلفين (أو الحوت) الأبيض (دلفينايتريس لوكاس) قد يظل في مياه القارة القطبية الشمالية على مدار السنة، رغم أن معظم الحيتان تزور هذه المنطقة صيفاً فقط. وتغذي الدلافين البيض بصورة رئيسية بالأسماك، كالفد والهلبوت والحدوق.

المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكميات المطر في حصن

يوكون، بالاسكا

كمية المطر: بالسم

درجة الحرارة: °س



المناخ

مناطق القطبين والتندرا قارسة البرد. وتساقط المطر والثلج فيها قليل لأن الهواء البارد لا يستطيع حمل الكثير من الرطوبة. وقد تقل كمية الثلج الساقط حول القطبين عن كمية المطر الساقط في الصحراء الكبرى. وتكون كل من منطقتي القطبين مظلمة كل الوقت طوال الشتاء فيها، أما في صيفها، فتشع الشمس ٢٤ ساعة في اليوم.



أراضي التندرا

التندرا أراض قاحلة تُتأخَّم النظام البيئي القطبي الشمالي، يُغطيها الحزاز وجنبات صغيرة تنمو في تجمعات كثيفة خفيفة بعيداً عن مهب الرياح. وأوراق النبت دقيقة صغيرة تمنع فقد الماء المفرد. في الصيف، تنفقس الحشرات، كالبعوض والذباب الأسود من بيوضها المعرّزة في التربة؛ فتتغذى بدم اللبونات الكبار، كأيايل الرنة؛ وهي بدورها تغدو طعاماً للطيور.

طحالب الرنة الخزازي
(من نوع كلاًدونيا)
امتص إشعاعات خطيرة
من الهواء.



سلسلة التلوث

في العام ١٩٨٦، انفجر المفاعل النووي في محطة القدرة في شرنوبيل بأوكرانيا، فتلوث الهواء بجزيئات ضخمة من الإشعاعات الخطيرة، امتصتها النباتات فتسربت إلى السلسلة الغذائية. فالإشعاعات التي امتصتها طحالب الرنة، مثلاً، انتقلت إلى أيايل الرنة ومنها إلى البشر.

أيايل الرنة (رانجيفر تاراندوس)
أكلت الحزاز المشع فغدا لحمها
طعاماً غير صالح للأكل للإنسان.

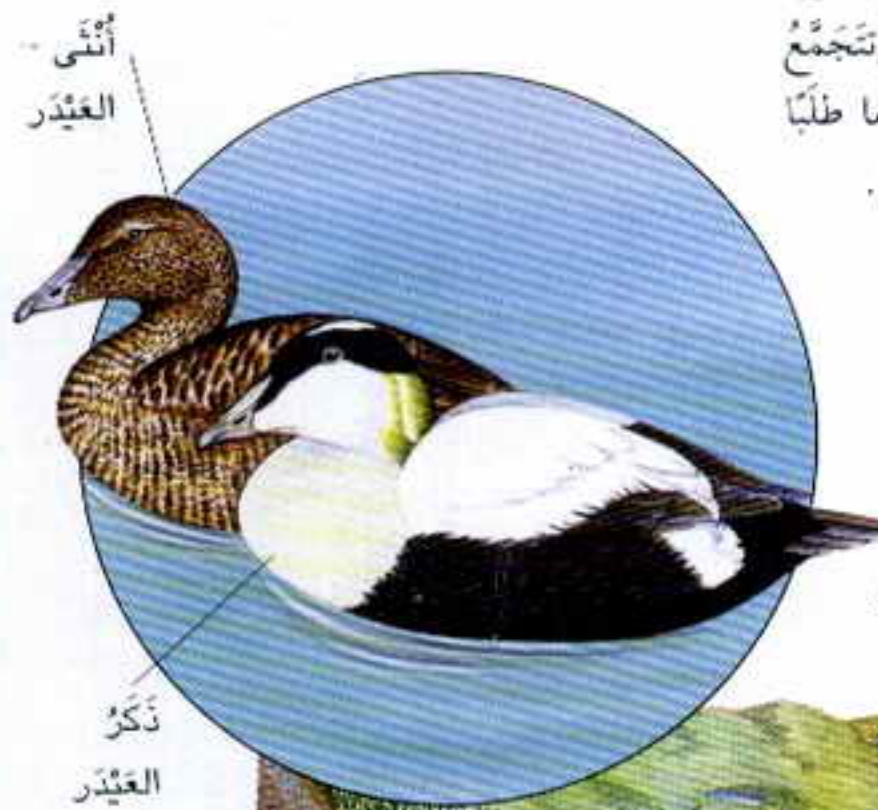
ثيران المسك

تستوطن ثيران المسك (أوفيسوس موسكاتس) مناطق التندرا القطبية. وهي ذات كساء صوفي تُعزّزه طبقات سميكة من الدهن تحت الجلد. في الشتاء، تُسربل الثيران بكسوة قوية طويلة من الشعر الصامد للرياح. وتتجمع الثيران في حلقة تتوسطها صغارها طلباً للدفع، واتقاء من الضواري.



بط العيدر

في الصيف، يهاجر بط العيدر (شوماتريا موليسينا) للتعشيش في المنطقة القطبية الشمالية. فتبطن الأنثى العش بريش رعيّ تنفّسه من صدرها لتخفظ به دفاً للبيض.



أنثى
العيدر

ذكر
العيدر

تحت سطح
التندرا بقليل
توجد طبقة دائمة
التجمد تدعى الأرض
الجُمودية. في الصيف،
تسوخ التربة فوق الأرض
الجُمودية؛ لكن المياه لا تجد
لها مخرجاً، فتتجمع فوق
السطح مكونة بركاً مستنقعية.

دراسة طبقة الأوزون

يقصد العلماء المنطقتين القطبيتين الشماليّة والجنوبيّة لدراسة طبقة الأوزون. فيقومون بإجراء التجارب، على الأرض أو في مناطق، لاختبار تلوث الهواء وكمية الأوزون. إن مشكلة الأوزون فوق القطبين خطيرة تفاقمها ظروف الطقس القسوى. فمستويات الأشعة فوق البنفسجية العالية المنسربة إلى الأرض تُضر بالعوالق البحرية، فتعطل بدايات الكثير من السلاسل الغذائية.



البطاريق

تستوطن البطاريق نصف الكرة الجنوبي من أرخبيل جلاباجوس حتى المناطق القطبية. وهي لا تستطيع الطيران، لكنها سباحة ماهرة تستخدم أجنحتها كزعانف لتجذيف. وهي تلتزم الشواطئ لوضع البيض وتربية الفراخ. والبعض منها كبطاريق الأديلي (ينجوسيليس أديلي) يسير إلى مواقع التعشيش أكثر من ٣٥٠ كم.

لمزيد من المعلومات انظر

- الطاقة النووية ص ١٣٦
- الفصول ص ٢٤٣
- المناخ ص ٢٤٤
- نظام النقل في النبات ص ٣٤١
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- الهجرة والإصابات ص ٣٨١

أخطار تهدد المناطق القطبية

يمتد خط أنابيب النفط عبر الأسكا مسافة ١٣٠٠ كم - مُتجنباً أماكن تعيش الطيور النادرة، ومُجسراً في أماكن أخرى ليسمح بمرور الحيوانات المهاجرة تحته. لكن إنشاء خط الأنابيب هذا أضر بالبيئة وشوش طرق الهجرة التقليدية. كما إن الطرقات التي شُقت على مقربة من الخط فتحت المنطقة للصيادين المتخصصين.



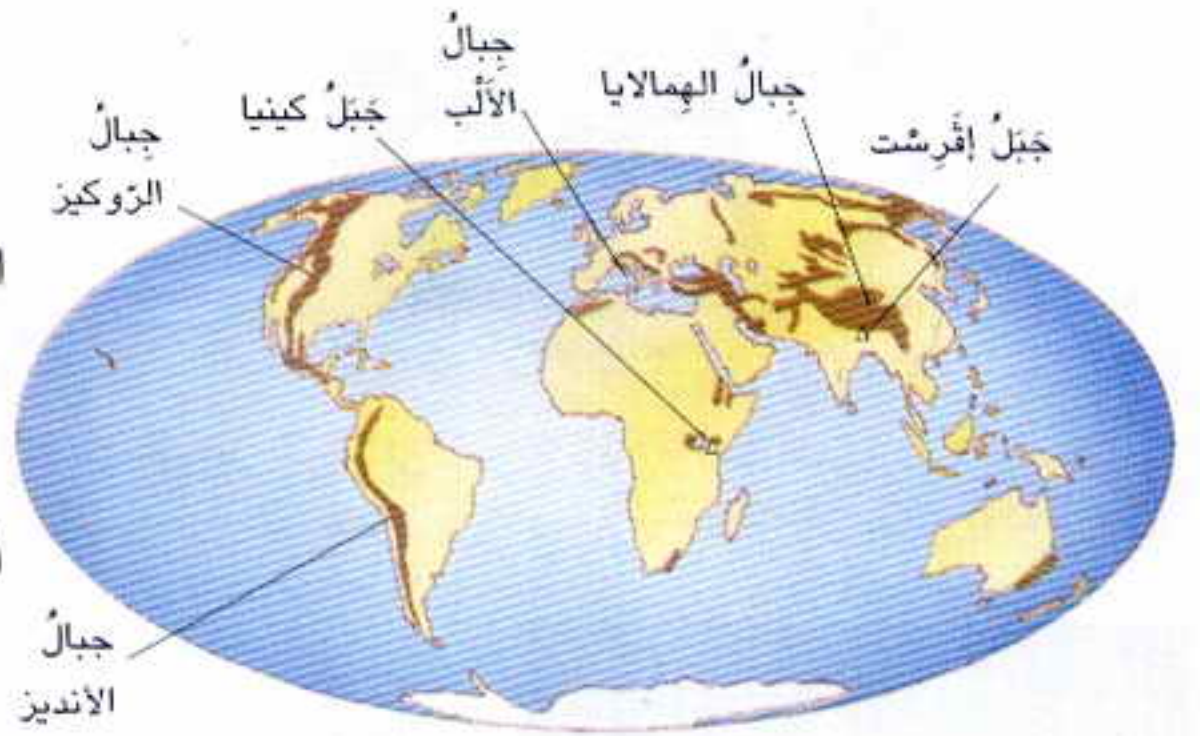
لاموس النرويج

تقضي اللواميس، كلاموس النرويج (لاموس لاموس)، معظم حياتها مستترة بين النباتات أو مُنجرة تحت سطح التربة. في الشتاء، تحفر اللواميس نفقا تحت الثلج كعازل يقيها من البرد القارس. ويتباين عدد اللواميس قلة أو إزدياداً - بالغاً أوجه كل أربع سنوات تقريباً.



الجبال

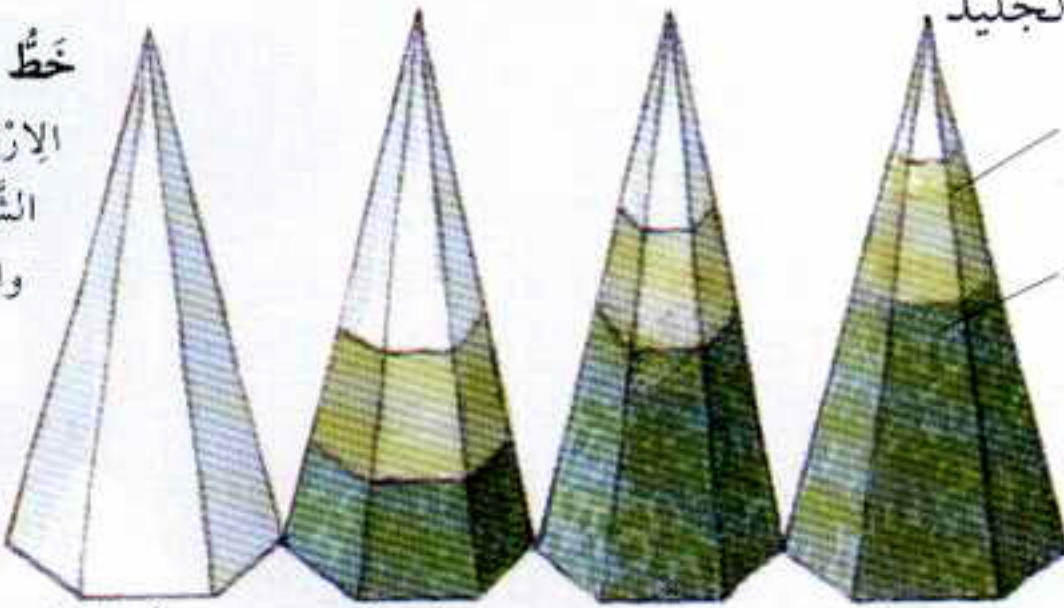
مُنَاحِيًا، صُعُودُ الْجَبَلِ أَشْبَهُ بِالْإِنْتِقَالِ عَبْرَ الْأَرْضِ مِنْ خَطِّ الْإِسْتِوَاءِ إِلَى أَحَدِ الْقُطْبَيْنِ - تَعَبُّرٌ فِيهِ جَمِيعُ الْأَنْظِمَةِ الْبَيْئَةِ الرَّئِيسِيَّةِ مِنْ حِرَاجٍ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْخَفِيفَةِ إِلَى سُهُوبٍ عُشْبِيَّةٍ وَتَنْدَرَا وَتُلُوجٍ. وَتُجَابُهُ الْأَحْيَاءُ الْبَرِّيَّةُ فِي الْمُنْحَدَرَاتِ الْأَعْلَى دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ الْجُمُودِيَّةِ وَالرِّيَّاحِ الْعَاتِيَةِ وَالْهَوَاءِ الْمُخْلَخِلِ. وَتَنْمُو النَّبَاتَاتُ فِي تَجْمُعَاتٍ كَثِيفَةٍ ذَاتِ أَوْرَاقٍ غَلِظَةٍ زَغَبَةٍ تَحْتَسِبُ الْحَرَارَةَ وَتَقَلُّ فَقْدَ الْمَاءِ. وَيَغْلِبُ تَوَاجُدُ الْحَشَرَاتِ اللَّاجِنَاحِيَّةِ - كَوْنِ الرِّيَّاحِ الْقَوِيَّةِ لَا تُؤَاتِي الطَّيْرَانَ. وَبَعْضُ اللَّبُونَاتِ الْجَبَلِيَّةِ مُهَيَّأَةٌ بِقُلُوبٍ وَرَثَاتٍ كَبِيرَةٍ تُسَاعِدُهَا فِي الْحُصُولِ عَلَى كِفَايَتِهَا مِنَ الْأَكْسِجِينِ فِي جَوٍّ قَلِيلِ الْكثَافَةِ. وَغَالِبًا مَا يُغَطِّيهَا كِسَاءٌ فَرُويٌّ يَقِيهَا شِدَّةَ الْبَرْدِ؛ وَقَدْ يَبْيَضُ لَوْنُ هَذَا الْكِسَاءِ شِتَاءً تَمُويَهَا لَهَا فِي بَيْئَةِ



تَوَزُّعُ الْجِبَالِ الرَّئِيسِيَّةِ فِي الْعَالَمِ

خَطُّ الشَّجَرِ

الارتفاع الذي يتوقف عنده نمو الشجر بسبب البرد القارس والرياح العاتية يُدعى خطُّ الشجر. أما خطُّ الثلج فهو الحافة السفلية للمنطقة المغطاة بالثلج دومًا. ويعتمد ارتفاع هذين الخطين على القلنس كما على القرب أو البعد عن خطِّ الاستواء.



المنطقة القطبية الشمالية ٧٠°

جبال الألب ٤٥° شمالي

جبال الهيمالايا ٣٠° شمالي

جبل كينيا على خط الاستواء

من الثلج والجليد

نمو الثلج المُرْقَط (بانثيرا أنسيا) ذو كِسَاءٍ كَثِيفٍ يَحْفَظُ لَه دِفْئَهُ.



النُّشْرُ الْمَلْتَحِي (جيبيتوس بارباتوس) يُخَلِّقُ مَعَ تَيَّارَاتِ الْهَوَاءِ السَّاحِنِ الصَّاعِدَةِ قُرْبَ الْقِمَمِ. تُلُوجٌ وَضُخُورٌ لَا مَجَالٌ لِلْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ فِيهَا.



التُّندرا - ضُخُورٌ عَارِيَةٌ وَتُرْبَةٌ مُتَجَمِّدَةٌ.

تَوْرُ النَّيْبِتِ (بَدُورْكَاسْ تَكْسِيْلُكُور) ذُو قَوَائِمٍ قَوِيَّةٍ وَحَوَافِرٍ كَبِيرَةٍ تُمَكِّنُهُ مِنْ تَسَلُّقِ الْمُنْحَدَرَاتِ الشَّدِيدَةِ الْإِنْجِدَارِ.



جَنَابَاتُ خَفِيفَةِ النُّمُو - كَالْوَرْدِيَّةِ (رُودُونْدُرُون) وَالْعُرْغَرِ وَالْبَتُولَاءِ الْقَرْمَةِ.

الْبُنْدَا الْأَحْمَرُ (إِلُورُس فُلْجَنَس) مُتَسَلِّقٌ مَاهِرٌ.



الْمَنَاطِقُ الْجَبَلِيَّةُ

الْجِبَالُ عَمُومًا ذَاتُ نُطْقٍ عَرِيشَةٍ مُتَمَيِّزَةٍ، لِكُلِّ مِنْهَا نَبَاتَاتُهَا وَحَيَوَانَاتُهَا. فِي جِبَالِ الْهِمَالَايَا عَلَى الْخُدُودِ بَيْنَ النِّبَالِ وَالْهِنْدِ نَجْدُ غَابَاتٍ نَفْضِيَّةٍ دَافِتَةٍ فِي النِّطَاقِ السُّفْلِيِّ؛ يَلِيهِ نِطَاقٌ أَهْرَدٌ مِنَ الْحِرَاجِ الصَّنُوبَرِيَّةِ. وَيَقَعُ خَطُّ الشَّجَرِ عَلَى ارْتِفَاعِ ٣٤٠٠ مَ تَقْرِيْبًا. وَفَوْقَ هَذَا الْخَطِّ نَجْدُ قَطَطِ جَنَابَاتٍ وَجَنَابَاتٍ خَفِيفَةِ النُّمُو، تَنْدَمِجُ مَعَ السُّهُوبِ الْعُشْبِيَّةِ وَالضُّخُورِ الْعَارِيَةِ تَحْتَ الْقِمَمِ الْمُغَطَّةَةِ بِالتُّلُوجِ.

أَخْطَارُ تَهْدُدُ الْبَيْئَةَ الْجَبَلِيَّةُ

الْأَنْظِمَةُ الْبَيْئَةُ الْجَبَلِيَّةُ أَقْلُ تَعَرُّضًا مِنْ سِوَاهَا لِلْأَخْطَارِ الْمَائِلَةِ. فَالْكَثِيرُ مِنَ الْجِبَالِ غَدَا الْمَلْجَأِ الْأَخِيرَ لِأَنْوَاعٍ نَادِرَةٍ مِنَ الْكَائِنَاتِ الْحَيَّةِ. لَكِنْ بَعْضُ الْغَابَاتِ الْجَبَلِيَّةِ وَجُرُودِ الْجَنَابَاتِ طَالَتْهَا يَدُ التَّدْمِيرِ لِإِنْشَاءِ مُتَّجِعَاتٍ وَمَرَاقٍ لِلتَّرْلُجِ. وَفِي سَبِيلِ هَذِهِ الْإِنْشَاءَاتِ، مِنْ مَبَانِي وَطُرُقٍ وَمُنْحَدَرَاتٍ تَرْلُجٍ، تُبَادُ نَبَاتَاتُ جَبَلِيَّةٌ فَرِيدَةٌ وَتُجَرَّفُ تُرْبٌ رَخْوَةٌ هَشَّةٌ - مَعَ مَا يَجْرُهُ ذَلِكَ مِنْ خَلَلٍ وَخَطَرٍ عَلَى الْأَحْيَاءِ الْجَبَلِيَّةِ الطَّبِيعِيَّةِ.



لَنْغُورُ الْهِمَالَايَا (بِرْسَبِيْتِسْ إِنْتِلْس) يَتَنَقَّلُ صُعُودًا وَهَبُوطًا فِي الْجَبَلِ مَعَ تَغْيِيرِ الْقُصُولِ.



غَابَةُ نَفْضِيَّةٍ مُغْتَدَلَةٍ - مِنَ الْبَلُوطِ وَالْوَرْدِيَّاتِ الْخَلْجِيَّةِ (رُودُونْدُرُون)

غَابَةُ نَفْضِيَّةٍ شَبِيهِ مُغْتَدَلَةٍ - مِنْ أَشْجَارِ السَّالِ وَالْأَرْجُونِ وَالسَّاجِ

لَمَزِيدٍ مِنَ الْمَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- المُنَاحُ ص ٢٤٤
- التُّلُجُ ص ٢٦٦
- الصَّنُوبَرِيَّاتُ ص ٣١٧
- اللُّونُ وَالتَّمُويَّةُ ص ٣٨٠
- مَنَاطِقُ الْقُطْبَيْنِ وَالتُّندَرَا ص ٣٨٢
- السُّهُوبُ الْعُشْبِيَّةُ ص ٣٩٢
- غَابَاتُ الْمُنْطَقَةِ الْمُغْتَدَلَةِ ص ٣٩٦

الشواطئ



مصبّات الأنهر

تلتقي الأنهار بالبحر في مصبّاتها. وقد تُشاهد الطيور الخواضة كالطيّطوى الأحمر الساقين (ترنجا توتانس)، سائرة غبر المياه الضحلة بحثًا عن الغذاء في الوحل بمنافيرها الطويلة. ومصبّات الأنهر كبيرة الأهمية للطيور المهاجرة شتاءً - إذ إنّ الكثير منها يقطع رحلته عندها للراحة والإغذاء.

جذور النجيليات الليفية الرّمالي (أوفيليا أرناريا) تمتد تحت الرّمْل في شبكة كثيفة يتماسك الرّمْل بها.



بفن

غاق شاعلي



طيور البحر كالغاق الشاعلي (فالأكروكوراكس أريستوتليس) والبفن (فرايزكيولا أركتيكا)، تُعشش على الجرف في مأمّن من الاغذاء.

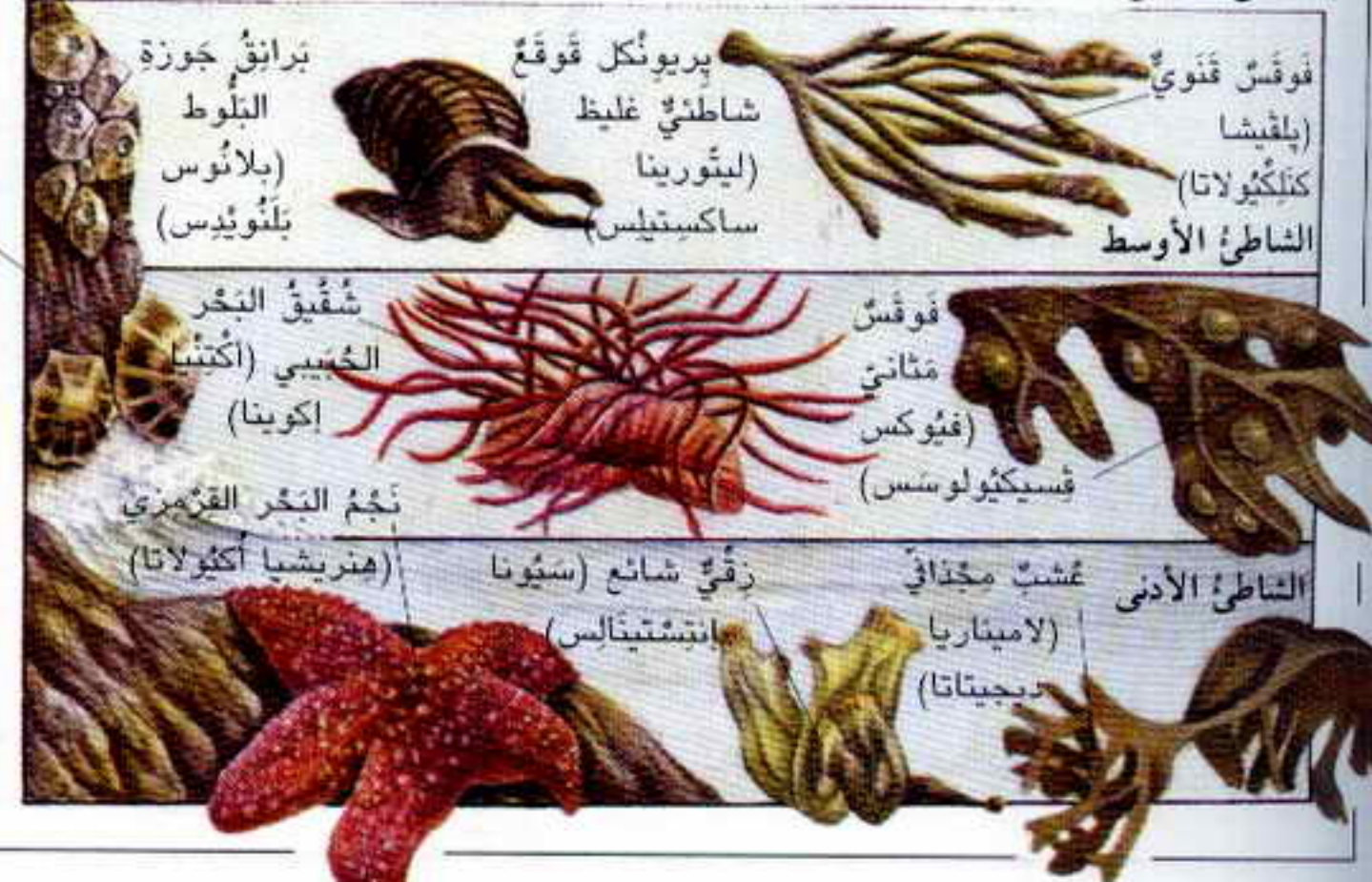


خلال النهار، يظلّ السرطان المقتنع (كوريشيس كاسيغيلونس) قابلاً تحت الرّمْل؛ وهو يتنفس بسحب الماء عبر مجسّته الأنبوبي الشكل اللذين يبرز رأسهما فقط إلى الماء.

الرّمال الحوّلة

تحت رمال الشاطئ تتواجد كائنات كالديدان والمخارات محمية من ذلك الأمواج ومن تجفاف الهواء عند انحسار المد. ويستصفي الكثير من هذه الحيوانات فتات الغذاء من الرّمْل ومن ماء البحر. كما تُغطي الطحالب المجهرية سطح الرّمال أو تطفو في الماء.

الشاطئ الأعلى



برانيق جوزة البلوط (بلاؤوس) بلؤويدس

بريونكل قوقع شاطئي غليظ (ليثورينا ساكسينيليس)

فوقس قنوي (بلفيشا) كنلكتولاتا

الشاطئ الأوسط

شقيق البحر الخبيبي (أكتينا إكوينا)

نجم البحر القزمي (هريشيا أكتولاتا)

فوقس ثنائي (فيوكس) فيسيكيلوسنس

الشاطئ الأدنى

زقني شائع (سيونا) انيستينالس

عشب مجذافي (لاميناريا) ديجيتاتا

الشاطئ الأدنى

الشاطئ الأدنى

أخطار تهدد الشواطئ

قد ينعكس إنشاء الفنادق والمطارات، على الشواطئ، تهديدًا للبيئة الطبيعية فيها، إذ إنّ الكثير من الطيور والزواحف التي تستوطن (أو تُعشش قرب) الشواطئ يُزعجها الضجيج والأنوار الساطعة. فاللجأ (السلاحف البحرية) الضخمة الرأس (كارتا كارتا) التي تقصد الشاطئ، في جزيرة زاكشس اليونانية، لوضع البيض، قلّ تعدادها في المناطق السياحية، ممّا اضطرّ حماة الطبيعة إلى حماية مواقع تعشيشها. كذلك تتعرّض الشواطئ للخطر من مكبات القاذورات والمجارير والإنسكابات النفطية حواليتها.

فرع لجأة ضخمة الرأس



الديدان الغروية (أرينيكولا مارينا) تعيش في جحر نوني الشكل تحفّزه في الرّمْل.

نظليوس (باتيلا إنترمديا)

المناطق الشاطئية الصخرية

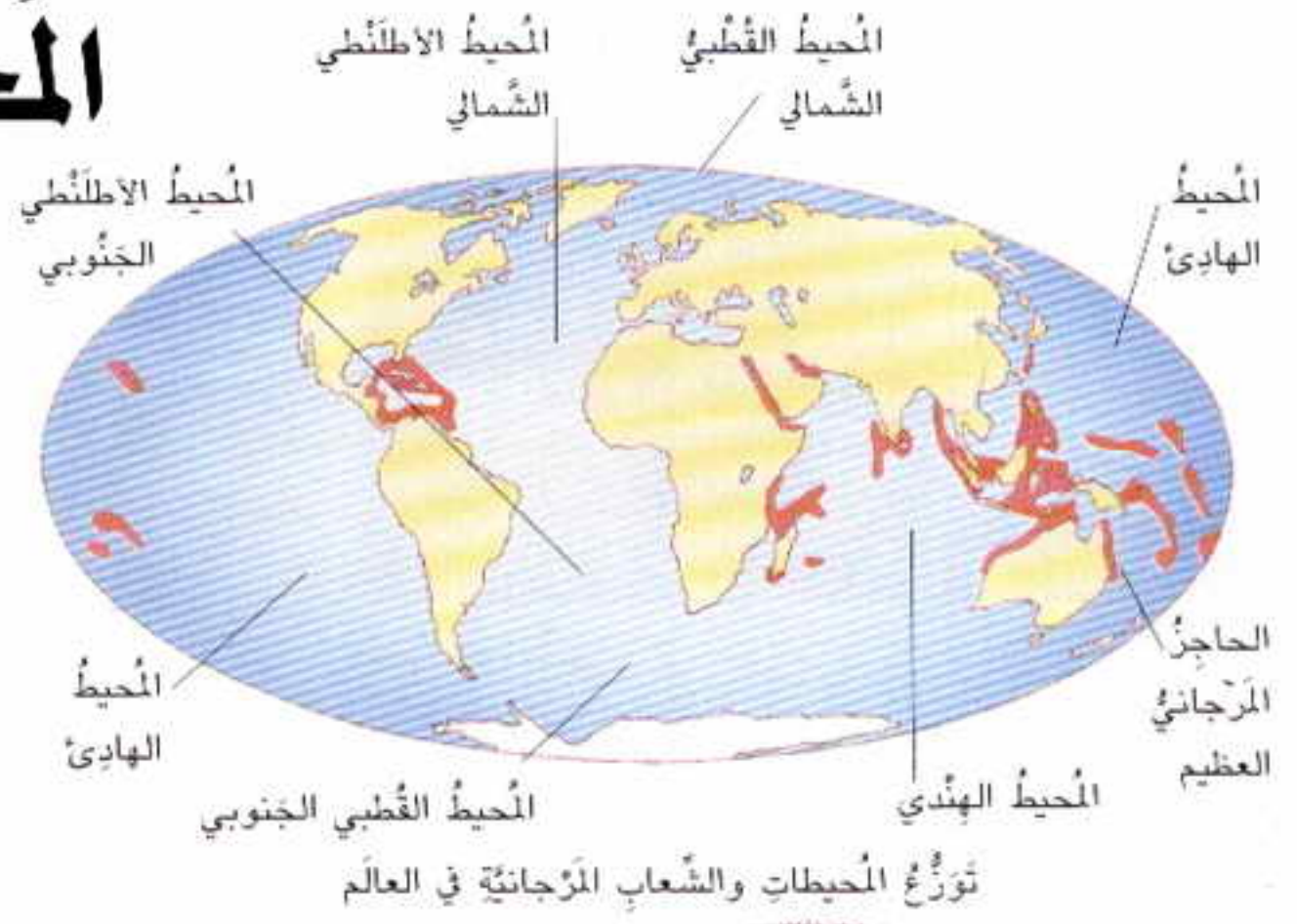
تتميز المناطق الشاطئية الصخرية عادةً بأصناف الطحالب البحرية النامية عليها. فالطحالب الخضراء تنمو على مقربة من أعلى الشاطئ، وتنمو الطحالب البنية على مقربة من أسفله. وتعيش حيوانات مختلفة في كل منطقة تبعاً لمدى إمكانياتها العيش خارج الماء.

لمزيد من المعلومات انظر

خط الساحل ص ٢٣٦
الهجرة والإسبات ص ٣٨١
المحيطات ص ٣٨٦
الأنهر والبحيرات ص ٣٨٨
حقائق ومعلومات ص ٤٢٤

المحيطات

تُغطّي المحيطات ما يفوق ٧٠٪ من سطح الأرض - وهي بذلك تُؤلّف النظام البيئي الأعظم فيها. وتتواجد الأحياء في هذا النظام حتى عمق ٤ كم أو أكثر. وتتركز قيعان المحيطات بالمُغذيات بفضل ما يتساقط إليها دوماً من فُتات الطعام ونجوى الحيوانات وبقايا الكائنات الميّنة من حيوان ونبات. وتتعدّد أنواع المَواطِن في المحيطات من صحارٍ رملية وجبالٍ ضخمةٍ إلى شُعابٍ مرجانيةٍ ومياهٍ مفتوحةٍ لمُختلف التيارات. والمحيطات لا تحوي الكثير جداً من الأنواع؛ فلا تتجاوز أنواع الكائنات فيها ٢٠٪ من مجموع الأنواع الحيّة على الأرض - تسعة أعشارها تستوطن القيعان.



العوالق

مُعظم السلاسل الغذائية المحيطية تبدأ بالعوالق المجهرية في النطاق المضاء. فالعوالق النباتية، كالدياتوميّات (الطحالب الوحيدة الخلية) تُوفّر غذاءً للعوالق الحيوانية (الحيوانات الدقيقة). وتُشمل العوالق الحيوانية أعداداً كبيرة من يرقات بعض الحيوانات كالقُرَيْدِس والسرطان؛ وهي تُوفّر غذاءً لأنواع مُختلفة من الأسماك. وهذه الأسماك بدورها تأكلها أسماكٌ ولُبنوناتٌ بحريةٌ أخرى.

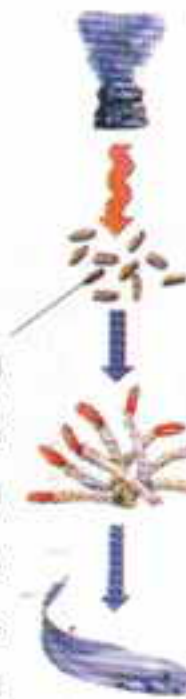


النُطق المحيطية

هنالك نوعان رئيسيان من المَواطِن البيئية في المحيط هما الماء نفسه أي المَوطِن البَحْرِيّ، والقَعْر أو المَوطِن القاعِيّ. ويُقسّم المَوطِن البَحْرِيّ إلى عدّة نُطقٍ أعماقية. في الماء الرائق يصل ضوء الشمس إلى عمق ١٠٠ م تقريباً، أمّا في المياه الموحلة فقد لا يتلّغ المتر. وهذا النطاق الرقيق الذي تستطيع فيه النباتات القيام بعملية التخليق الضوئي، يُدعى النطاق المضاء. ويليه سقلاً، حتّى عمق حوالي ٢٠٠٠ م، نطاقٌ لُجِّي قليل الضوء جداً أو عديمه. أمّا نطاق الأعماق العُورِيّة في المحيطات فقد يمتدّ إلى أكثر من ٦٠٠٠ متر عمقاً.

كيمائيات الأعماق

في قاع المحيط الهادئ تتواجد شقوق في القشرة الأرضية تنفجر منها مياهٌ حارة، غنيّة بالمرَكَبات الكيميائية، عبر فُجوات أنبوبية طويلة. وعلى مقربةٍ من هذه الحمّات تعيش حيواناتٌ بامتصاص الكيمائيات المُذابّة في الماء؛ كما تقوم البكتيريا بتحويل هذه الكيمائيات في أنسجتها إلى طاقةٍ تحتاجها تلك الحيوانات.



السلسلة الغذائية
قرب فُجوات هذه
الحمّات تبدأ
بالبكتيريا التي لا
تحتاج ضوءاً لعملية
التخليق الضوئي.

تعيش قُرْب فُجوات الأعماق
الأنبوبية ديدانٌ عملاقةٌ
(ريفتيا باكييتلا) قد يبلغ
طول الواحدة منها ٢ أمتار.

المحيطات مُتصلة بعضها ببعض، فتستطيع الحيوانات التنقّل بينّها. وقد يشغل المجال البيئي المعين نفسه نوعٌ واحدٌ من المنغصيات على نطاقٍ عالمي.

المحيطات الأبرد أغنى بالعوالق النباتية بفضل توافر المغذيات الضرورية لعملية التخليق الضوئي، كالفسفور والنيتروجين، فيها.



جيتان الغنبر (فيستر كُتودون) تُغتذي بالسبيدج بصورة رئيسية وباستطاعتها الغوص إلى عمق ١٠٠٠ م على الأقل بحثاً عن فرائسها. وتستخدم في ذلك نظام سبر بالصدى (سونار) بالغ الجِدوى للبحث عن الطعام في ظلمة الأعماق.



إيجاد الطعام

إيجاد الطعام عسير في أعماق المحيطات المُظلمة. وهكذا نجد أسماك الأعماق، كسمك «أبو يَص» (مِلانوكوتس جونسوني)، مُهيأة بزوائد تولّد بها أضواء تجتذب الفرائس، ويبعد ضخمته لاستيعاب أكبر كمية من الطعام.

أخاديد الأعماق المحيطية تُؤلّف ما يُسمّى النطاق الجهنمي. والمعروف أنّ الأخدود الأعماق هو أخدود مارياناس في المحيط الهادئ، ويبلغ عمقه ١١٠٣٤ م؛ أي إنّ بؤشعه استيعاب جبل إفرست.

الشعاب المرجانية

الحاجز المرجاني العظيم في أستراليا هو الشعب المرجاني الأضخم في العالم. وتحتوي الشعاب المرجانية أنواعاً عديدة من الحياة البرية - رغم أنه لا تتوافر مغذيات كثيرة في مياهها؛ فمغذيات الشعب تُعيد تدوير هذه المغذيات سريعاً جداً فلا يُهدر منها شيء. ويقتصر عيش المرجانيات على المياه المالحة الدافئة النقية التي لا يزيد عمقها على ٣٠ م - حيث تصلها وفرة من نور الشمس. وتستوطن أجسام المرجانيات طحالب متنوعة تحتاج ضوء الشمس لتخليق غذائها. والشعاب المرجانية مهددة بأخطار التلوث والتعدين وارتفاع مستويات البحار بسبب ظاهرة الدفنيات.



جاك إيف كوستو

اشتهر الفرنسي جاك كوستو (١٩١٠-١٩٩٧) باستكشافاته تحت الماء. ففي أوائل الأربعينيات من القرن العشرين طور رنة الغوص (للتنفس تحت الماء)



بمعاونة المهندس الفرنسي إميل جانيون، فشجع ذلك الكثيرين على استكشاف المحيطات - مما زاد كثيراً في معارفنا عن الحياة في أعماق البحار. كذلك ساعد كوستو في تطوير كاميرا صامدة للماء، وأنتج عدة أفلام تُصور الحياة تحت الماء - من ضمنها «العالم الصامت». وقد قام كوستو بحملات مضادة لأعمال التعدين في القارة القطبية الجنوبية.



يجري معظم صيد السمك في المياه الضحلة على مقربة من خواف القارّات.



المياه الضحلة قرب القارّات تزخر بالمغذيات المتجرفة من البر. وتعمل العواصف على مَرّج المياه رافعة المغذيات إلى سطح الماء.

يتكوّن الشعب المرجاني بترابك هياكل المرجانيات عبر آلاف السنين.

يبرز من القارّات تحت المحيطات طُفّ ضيق من البر يُدعى الرصيف وتولّف المياه الضحلة فوق هذا الرصيف المنطقة تحت الشاطئ.

لبونات المحيطات

تعيش الحيتان، أضخم حيوانات الأرض، في المحيطات - حيث المدى المائي الشاسع. لتتحركها وغوصها وحمل أجسادها الضخمة. وتستطيع الحيتان، وهي من اللبونات، البقاء تحت الماء مدة ساعة تقريباً. وعندما تصعد إلى سطح الماء للتنفس تزيّف الهواء المستهلك وبخاره المتكاثف عبر منخرين في أعلى الرأس بأنفجاس نافوري، ثم تأخذ هواءً نقياً.

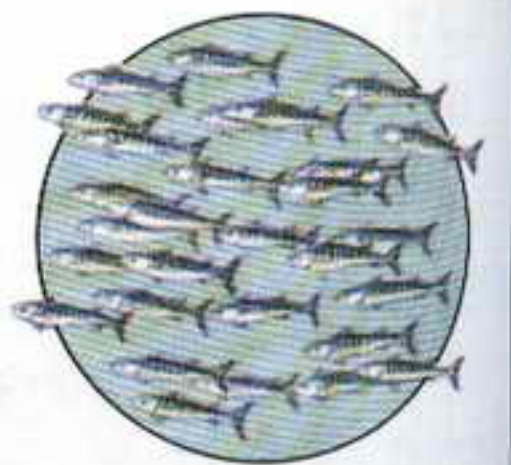
لمزيد من المعلومات انظر

- الكبريت ص ٤٥
- البحار والمحيطات ص ٢٣٤
- المتعضيات الوحيدة الخلية ص ٣١٤
- قناديل البحر والشقائق البحرية ص ٣٢٠
- المرجانيات ص ٣٢٠
- الأسماك ص ٣٢٦
- اللبونات ص ٣٣٤
- التخليق الضوئي ص ٣٤٠
- الاغذاء ص ٣٤٣

أخطار تهدد المحيطات

أخطر ما يهدد النظم البيئية المحيطية هو التلوث بالنفط وأقذار المجاري والتفاريات الصناعية. كذلك فإن التزايد المطرد في أعمال ووسائل صيد الأسماك والحيتان وغيرها، نتيجة لتكاثر سكان العالم وكثرة الطلب على المواد الغذائية، غذا يهدد بقاء الأحياء المائية ومصيرها - حتى إن الأسماك انعدمت في بعض المناطق. فالشباك المثبتة التي تُنصب على مدى ٦٠ كم عبر المحيط والتقيّات الحديثة المستخدمة في الصيد قلما تترك للأسماك مجالاً للإفلات. لكن بعض البلدان أخذت تحدّد كميات الأسماك المسموح صيدها؛ وبعض هيئات الحماية تقرض استخدام شباك واسعة الثقوب تسمح للأسماك الصغيرة بالإفلات لتكوين الجيل التالي.

انخفضت أعداد سمك الرنكة بشكل لافت في العشرين سنة الأخيرة.



أسراب السمك

تسبح الأسماك، كالأسقمري (سكمر سكمرس) قرب السطح في المياه الضحلة. وهي تستضيئ نَفّ الغذاء الصغيرة من الماء بأمشاط خياشيمها الفرجونية الشكل.

الأنهار والبحيرات

المياه الراكدة في البرك الصغيرة والبحيرات الضخمة، كما المياه الجارية في الجداول الجبلية والأنهار العريضة، كلها نظم بيئية من المياه العذبة. بعض هذه المنظومات موسمي التغير، وبعضها يتغير باستمرار. فالطقس والعوامل الطبيعية، كالتحات، تؤثر في كمية المياه في كل منطقة. فالأنهار تُغير مجاريها، وبحيرات جديدة تتكون؛ وهذه قد تمتلئ بالمواد الغرينية المترسبة وتتحول إلى أرض جافة. وبعض هذه البرك والجداول النهرية لا تظهر إلا شتاء فتستوطنها جماعات بسيطة فقط. أما الأنهار والبحيرات الكبيرة فتضم مجموعات أحيائية معقدة تنامت وتطورت على مدى مئات السنين.

غلة الخيل
(هيموبيس
سنجويشوجا)
تلتصق سقاطاتها
بالجارة،
وتعندني بالديدان
ويرقانات الحشرات
والقواقع.



جداول جبلي سريع

الثروة البيئية
(سلموترونا) تفضل
المياه الباردة الوفيرة

الأكسجين. وهي سباحة ماهرة تستطيع
السباحة ضد التيارات القوية.

المُزمارات البالغة
تضع بيوضها فوق
النبت، لكن يرقاتها
(الحواري) تظل في
الماء حتى تتحول إلى
حشرات بالغة.

الرُفراف الآسيوي الأوروبي (السيدو أتيث)
يعيش في جحور بضياف الأنهار. ويقوض في
الماء قرابة ١٠٠ مرة يوميًا لاصطياد السمك.



نهر فني سريع

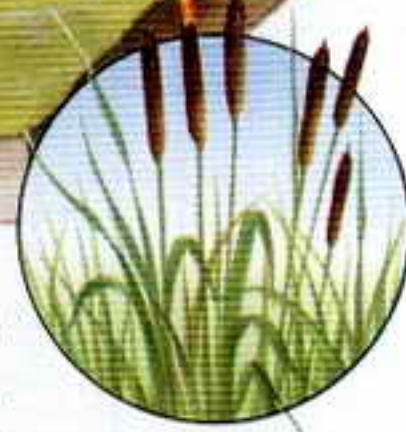
توفر نبتة لسان
الحمل المائية (اليزما
بلنتاجو أكويتكا)
ملاجأ للطيور، إذ
تنمو إلى علو متر تقريبًا.



نهر بطيء بالغ



القضاعة أو ثقلب الماء (لوترا لوترا)
ذو أقدام مكففة الأصابع تساعد في
السباحة تحت الماء. كما يمكنه غلق
أذنيه لمنع دخول الماء فيهما.



تعلم الثيفا العريضة الورق
(ثيفا لاتيوليا) إلى أكثر من
مترين - فلا يضرها ارتفاع
منسوب الماء.

الأنهار المدارية

يعيش يمساح الكيمن الأسود
(ميلانوسوكس نيجر) في
نهر الأمازون بأمريكا
الجنوبية. وهو اللاجم
الأعنى في نظامه البيئي، إذ
يلتهم كل شيء، من الأسماك حتى
الخنازير البرية. لكنه الآن معرض للانقراض
بفعل وسائل الصيد البشري التي تلاحقه.

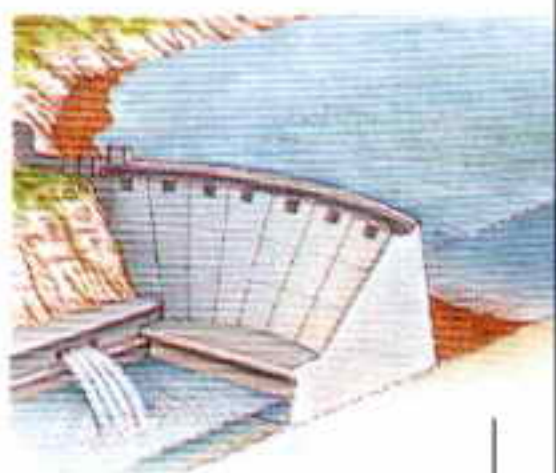


بحيرة الأرقام القياسية

بحيرة بيكال، بسبيرييا، هي أقدم وأعمق
بحيرة مياه عذبة في العالم، إذ يبلغ عمقها
١٦٢٠م، ويتجاوز عمرها ٢٥ مليون سنة. وتضم
البحيرة أكثر من ١٠٠٠ نوع من الحيوانات غير
المعروفة في أي مكان آخر في العالم. ومن
المؤسف أن هذا النظام البيئي العظيم مهدد
بالتلوث من فضلات المصانع والمدن
والزراعات القائمة حول البحيرة.



تقام السدود عبر
الأنهار لتخزين
المياه وتوليد
الكهرباء أو لمنع
الفيضانات. وقد
تغير القرى
والأراضي الزراعية
بالبحيرات المتكونة.



أخطار تهدد الأنهار

إنشاء السدود عبر الأنهار يكون بحيرات ضخمة
تغير طبيعة النهر. وتوفر البحيرات المتكونة
موطنًا بيئيًا جديدًا للأسماك، لكنها تضر
مصاعب حياتية لبعض الحيوانات والنباتات
الأخرى. كذلك، فإن السدود - كسد أسوان
عبر نهر النيل، بمصر - توقف تدفق الطمي
على امتداد النهر. وكان الطمي فيما مضى يغمر
الأراضي الزراعية ويخصب التربة.

لمزيد من المعلومات انظر

- التجوية والتحات ص ٢٣٠
- الأنهار ص ٢٣٣
- الديدان ص ٣٢١
- المفصليات ص ٣٢٢
- الأسماك ص ٣٢٦
- الزواحف ص ٣٣٠
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧

المناطق الرطبة

أيل المناقع (سيتانجا)

أيل المناقع (تراجيلافوس سبكي) الإفريقي ذو أظلاف مُفلطحة لا تغوص في الأراضي المنقعية. وهو سباح ماهر، ويأكله إذا داهمه الخطر، الغطس في الماء فلا يظهر منه إلا طرف أنفه للتنفّس.



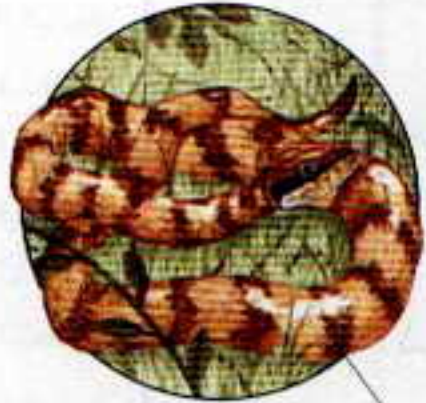
خروف البحر لبون مائي العيش يتنفس الهواء، وقد يبقى تحت الماء قرابة ١٥ دقيقة قبل أن يطفو للتنفّس.



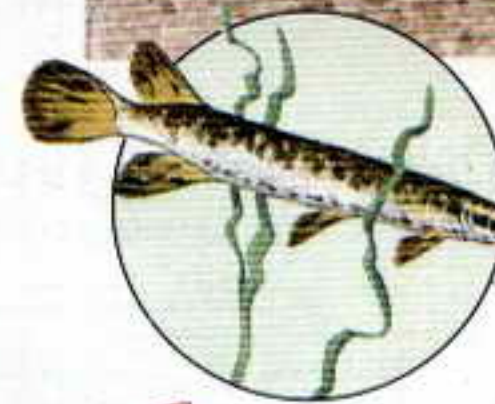
تطير فراشة الرزد (هليكونيوس تشاريتونيوس) بطيئة بأجنحتها الطويلة الضيقة، وتتجمع جماعات كبيرة منها ليلاً فوق الغساليح الجذراء.



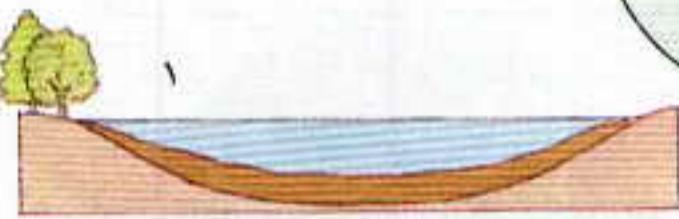
ينمو صنوبر المناقع (بينوس البونتي) والنخيل المسنن السعفي (سبرنوا رينز) على المرتفعات.



مكاسين الماء (أغكسترودون بيسيفورس) حية أمريكية سامة تتصيد ليلاً.



سمك أبو منقار (ليسوشيتوس أوستيوس) ذو خياشيم للتنفّس تحت الماء، لكنه يستطيع أيضاً تنفّس الهواء إذا جفت المياه.



دليل الرمز اللوني

- ماء
- حُثْ منقعي
- طفل بُخيري
- وخل بُخيري
- حُثْ



مثل على التعااق البيئي

قد تتكوّن السبخة الحثية، حيث تزخر البحيرة بالوخل والنباتات كما يلي: (١) مياه البحيرة صافية والوخل في القاع. (٢) يتجمع الوخل حول جذور النباتات. (٣) تنمو الطحالب الحزازية وتتراكم روابي من الحث. (٤) تزول البحيرة ويبقى مكانها قبة من الحث.

لمزيد من المعلومات انظر

- الضغط ص ١٢٧
- الزواحف ص ٣٣٠
- النباتات ص ٣٣٤
- الغلاف الحيوي ص ٣٧٠
- الحياة البرية في خطر ص ٣٩٨

تغطي المناطق الرطبة - من المناقع العشبية والسبخات الحثية والمغاض الدغلية، العذبة أو المالحة المياه - قرابة ٦٪ من سطح الأرض. وتولّف على اختلافها بعضاً من أغنى النظم البيئية في العالم. فهي الأكثر إنتاجاً للمواد النباتية بين تلك النظم، وتستوطنها مجموعات متنوعة من صغار اللبونات ومن الطيور والحشرات واللافقاريات الأخرى. وتقصدها أسراب الطير المختلفة للتعشيش حيث الأعداء قليلة فيها، فالضواري الكبيرة تغوص في تربتها الرخوة وتتعلّل حركتها. وبسبب تغيّر مستويات الماء في المواسم المختلفة ينبغي للأحياء البرية، هنا، التأقلم للعيش في ظروف الرطوبة والجفاف السائدة.

سرو أجرد قزم (تاكسوديوم ديستيكوم)



الطائر الأفعواني (أنهيجا أنهيجا) يغوص في الماء لصيد السمك. ثم يجثم نصف مفتوح الجناحين ليجففهما في الشمس.

شجر القرام (المنغروف) في سبخة شاطئية

سبخات فلوريدا الحرجية (الإفرجليدن)

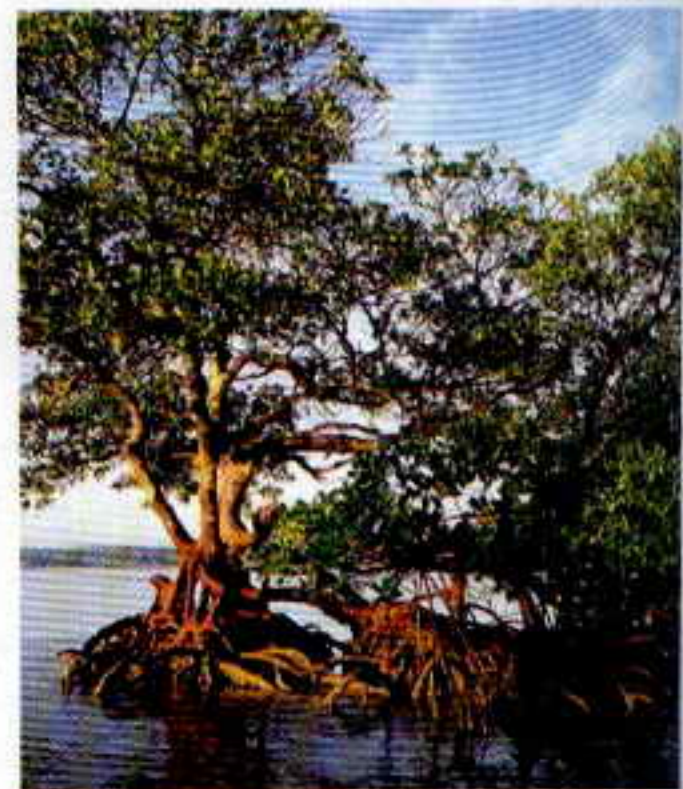
في الطرف الجنوبي من ولاية فلوريدا بالولايات المتحدة، توجد منطقة شاسعة (حوالي ١٣٠٠٠ كم^٢) من سبخات الجراج السروية تستوطنها أنواع نادرة كخروف البحر (تريكيوس مانايس) والكوجر (فليس كونكولور كوري). وهي الآن متنزّه قومي؛ لكنها مهددة بالكيماويات الزراعية والتجفيف والتلوّث والسياحة - فالقوارب السريعة تقتل أكثر من ١٠٠ خروف بحر سنوياً.



التمساح الأمريكي (البجيثور المسيسيبي) أكبر الزواحف في أمريكا الشمالية وأعلاها خواراً - ففي الربيع تجارّ الذكور عالياً لاجتذاب الإناث.

شجر القرام (المنغروف)

أكثر الأشجار شيوعاً في مناقع المياه العذبة أو المالحة الاستوائية هي أشجار القرام (المنغروف). فهي تستطيع العيش في الوحول المشبعة بالماء بفضل مسام التنفّس في جذورها. وبعض القرام ذو جذور هوائية (فوق الماء) تحصل على الأكسجين. وينمو القرام الأحمر (ريزوفورا مانجل) في السبخات الساحلية ومصبات الأنهر، فيحميها من العواصف وأمواج المد.



The map illustrates the global distribution of major deserts. Key labeled regions include:

- صحراء جوبي** (Gobi Desert) in Northern Asia.
- الصحراء الغربية** (Western Sahara) in North Africa.
- الصحراء الرملية الكبرى** (Great Sand Sea) in North Africa.
- صحراء آنتاكا** (Atacama Desert) in South America.
- الصحراء الكبرى** (Sahara Desert) in North Africa.
- صحراء كالا هاري** (Kalahari Desert) in Southern Africa.
- صحراء أسوان** (Aswan Desert) in Egypt/Sudan.
- صحراء غامبي** (Gambian Desert) in Australia.
- صحراء أستراليا** (Australian Desert) in Australia.
- البحر العظيم** (Great Salt Lake) in North America.
- موجافي صحراء** (Mojave Desert) in North America.
- الحوض العظيم** (Great Basin) in North America.

العالمية الرئيسية في العالم

درجات الحرارة، نهارًا، في
الصحاري الحارة، قد تزيد على

A detailed illustration of a fennec fox standing on a reddish-brown rock. The fox has large, upright ears, a slender body, and a bushy tail. Its fur is a mix of tan and light brown. The background is plain white.



الثعلب القمي
(فليس مكرؤيس)
يُخرج للصيد ليلاً

الحيوانات التي تعيش في مواطن بيئية مُتماثلة في أنحاء مُختلفة من العالم غالبًا ما تكون مُشابهة - كما هي الحال في الثعلب القويء بأمريكا الشمالية وثعلب الفنك في إفريقيا. ذلك لأن كلا النوعين تكيف للعيش في نظام بيئي من المحيط نفسه - حيث الظروف البيئية مُتماثلة؛ فلا غرابة أن يكون التطور مُتقاربًا.

تُجَابِهُ النباتاتُ والحيواناتُ الصَّحْراوِيَّةُ
ضُرُورَةَ التَّكْيِيفِ لِلْعَيْشِ عِبْرَ فِتْرَاتِ
جَفَافِ طَوِيلَةٍ. فبَعْضُ الحَيَوانَاتِ
يَحْتَزِنُ الدَّهْنَ فِي أُنْسِجَةِ جَسَدِهِ - وَهَذَا
الدَّهْنُ يُمَكِّنُ تَفَكُّيْكَهُ
لِتَوْفِيرِ الطَّاقَةِ
وَالْمَاءِ عِنْدَ
الْحَاجَةِ.

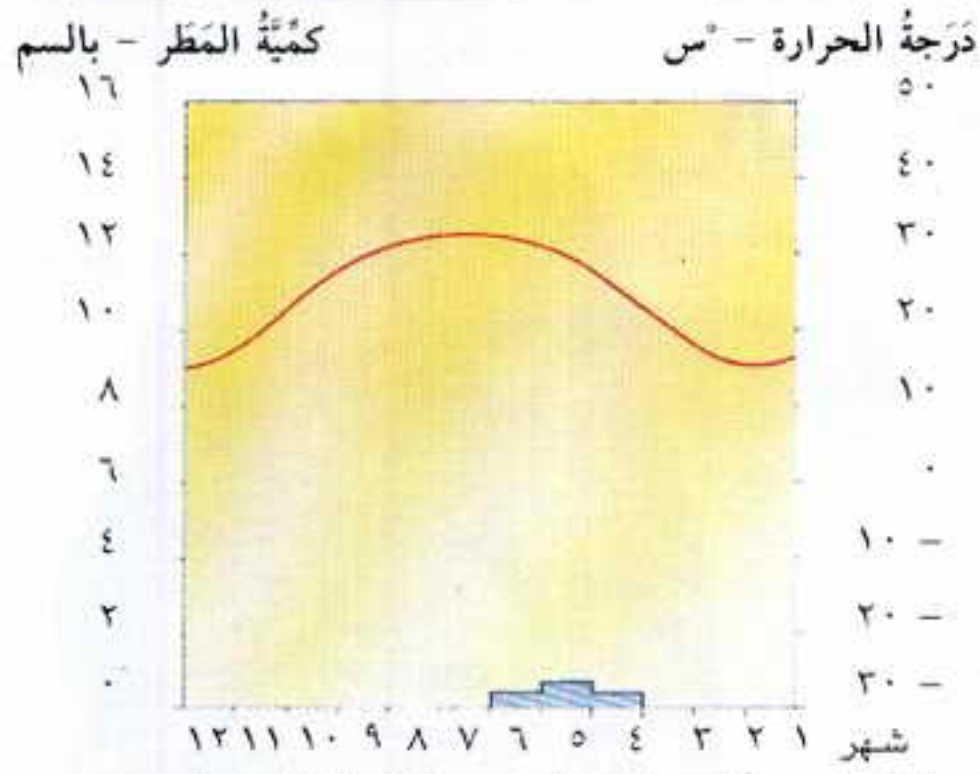
يَخْتَرُونَ مَسْجِدَ هَيْلَا
(هَلْوَزْ مَا سَسِيكَتُمْ)
الدُّهْنَ فِي ذَيْلِهِ الْغَلِيظُ،
لِيَسْتَعِينَ بِهِ عَلَى
تَجَاوُزِ
الْفَتَرَاتِ
الْعَصِيبَةِ.

الْجَمْلُ الْعَرَبِيُّ الْأَحَادِيُّ السَّنَامُ
مِلُوسُ دَرُومَنَّاوِيُوسُ يُمَكِّنُهُ
وَدَّ اسَابِيْعَ دُونَ مَاءٍ. وَهُوَ قَدْ
رَبَّاهُ ١١٤ لَيْتَرًا مِنَ الْمَاءِ فِي سَقِيًّا

يَفْقِدُ النَّبَاتُ
مُعْظَمَ مَائِهِ عَنِ
الأوراق؛ لذا فإِنَّ أنواعَ الصَّبَّارِ
كالمِثْلَ أريَّا بِلُونِجَاتَا، لَا تَحْمِلُ أَوْرَاقًا،
بَلْ أَشْوَكَاتٌ تَحْمِيهَا مِنْ أَنْ تُؤْكَلَ.
وَيَحْتَرِنُ الصَّبَّارُ المَاءَ فِي جُذُوعِهِ الغَلِيظَةِ

التَّمْعُجُ
المُحَابَبُ

العديد من أفاعي الصحاري الرملية كهذه الأفعى
الجانبية التمشح (بايس برنحوي)، تتنقل بقذف نفسها
فوق الرمل في تمعجات قوسية مجانبية (على شكل
«S») لا أمامية. وميزة هذا النمط من الانتقال هي أن
جزأين فقط من جسم الأفعى يلامسان سطح الرمل الحار
كل مرة؛ كما إن نمط التنقل هذا يجعل من غير المحتمل أن
تغوص الأفعى في الرمل الرخو.



المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة وكمية المَطر في أسوان، بمصر

المناخ

تقع الصحاري الكبرى على مقربة من خط الاستواء، وهي حارة جافة على مدار السنة - لأن الرياح التي تهب عليها لا تحوي إلا القليل جدًا من الرطوبة. أما صحاري المناطق الباردة في العالم، كصحراء جوبي في آسيا الوسطى، فهي حارة صيفًا وباردة شتاءً. كذلك تتواجد الصحاري في مستنقعات الجبال العالية، كصحراء أنكاما في أمريكا الجنوبية.

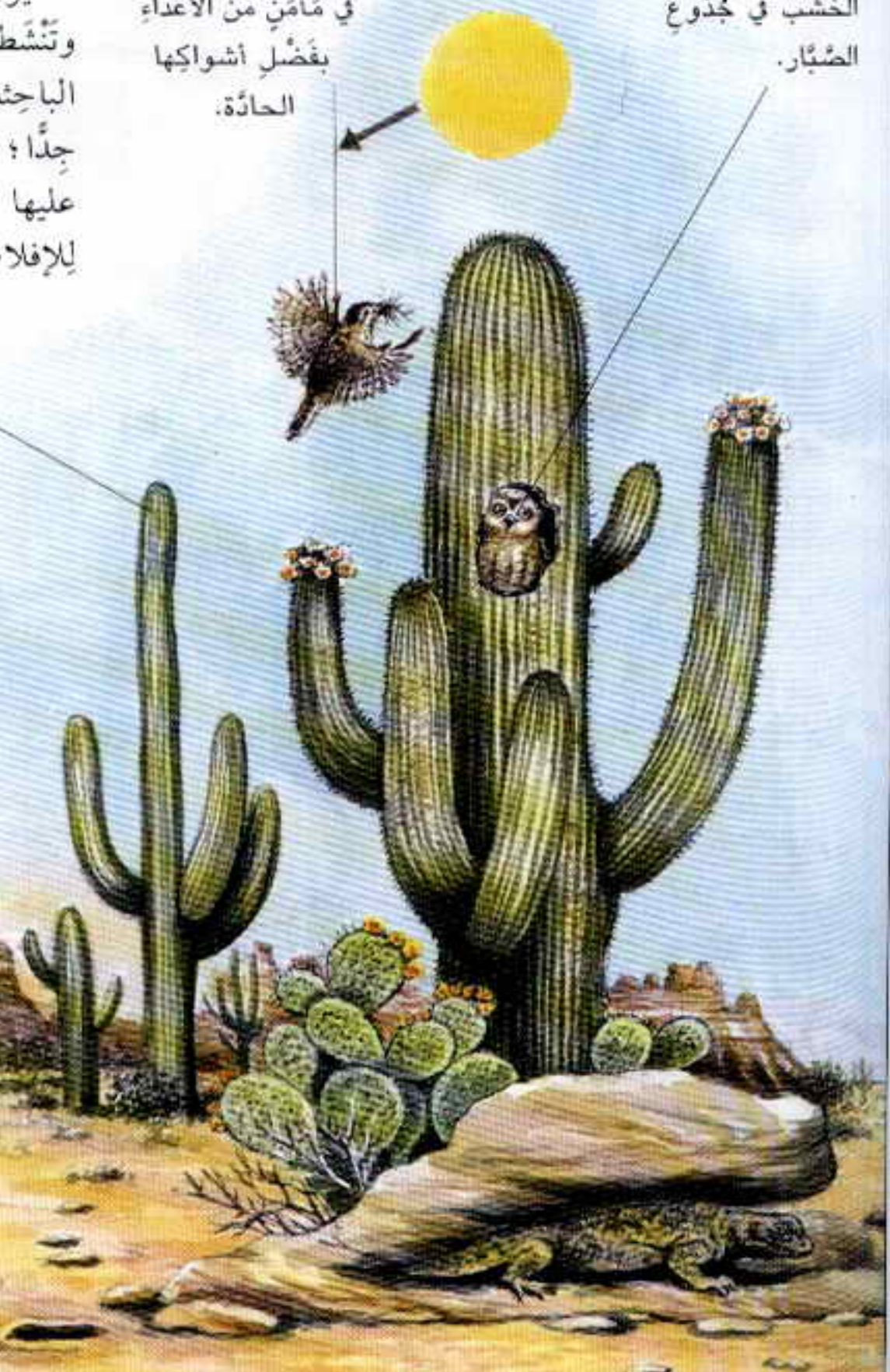
الجَنَابَات الكريوزوتية (لأزيا تراينيتاتا) تشغل فُسحات مُساوية التباغ تقريبًا لأن جذور الواحدة منها تمتص كل ما في التربة حولها من مُغذيات وماء.

الظربان الأبقع (سبيلوجيل بوتوريوس) ينشط ليلاً، في الغالب، في طلب الحيوانات الصغيرة والبيوض والحشرات والتمار.

الصبار الصغاري (سريس جيجنتيوس) ذو لحاء فطاطي غليظ. وهو يتشرب الماء عبر شبكة واسعة الانتشار من الجذور الضخمة.

البومة القرمة (ميكراين هوبيتي)، أصغر البوم في العالم، تختبئ نهارًا في تجاويف يحددها نثار الخشب في جذوع الصبار.

صغور «أو دغويقة» الصبار (كثيبلورنكس بزانكيليس) تبني عُشها في نبات الصبار - حيث تكون فراخها في مامن من الأعداء بفضل أشواكها الحادة.



رُتلاء الصحاري (أفونوليميا كلكويس) عنكبوت سامة تبقى في جحرها نهارًا.

غلاجيم الغرب الجرافية (سكفيويس هيندي) تنشط ليلاً فقط، وهي تستخدم «رفوشا» ضلّية في أقدامها الخلفية لحفر الجحور.

ماء الواحة مصدره منابع مطير يتعد عدة كيلومترات.

واحة

سطح الأرض

صخر مشبع بالماء

الواحات

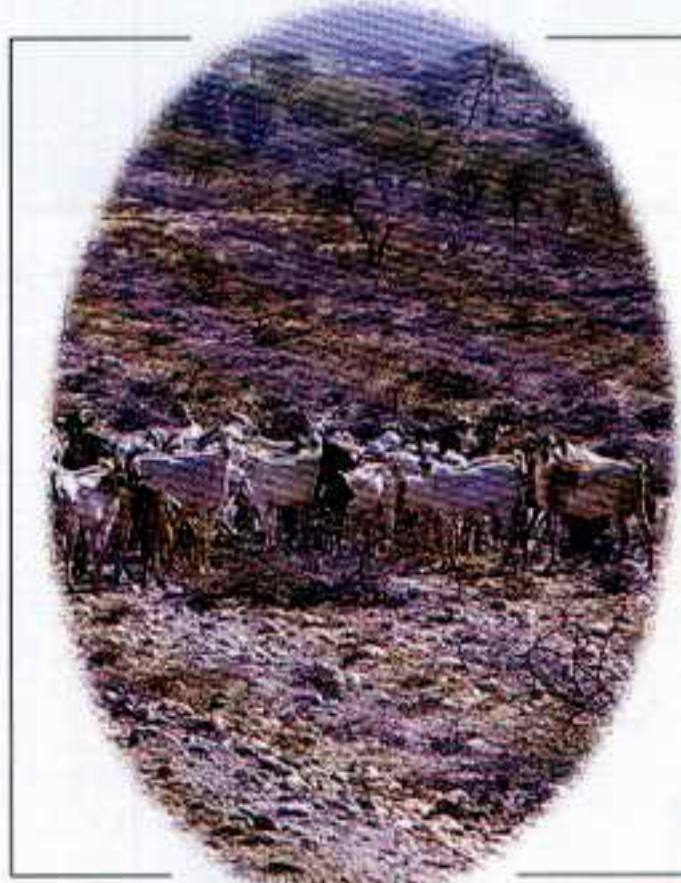
في بضعة أماكن من الصحراء يتسرب الماء عبر الأرض فيكون منطقة رطبة، حيث يمكن نمو النباتات، تدعى واحة. فالواحات مراكز حيوية للحيوانات والقوافل التي تعبر الصحراء. ومصدر مياه الواحة هو الصخور المشبعة بالمياه على مقربة من سطح الأرض. وهذه المياه قد تكون تساقطت مطرًا على بُعد عدة كيلومترات، ثم تسربت إلى الواحة عبر الصخور تحت الصحراء. لكن الواحات قد لا تدوم طويلًا؛ فقد تجف مياهها أو تطمرها كُتبان الرمال. وعلى الناس والحيوانات، حينئذ، الانتقال إلى مكان آخر.

واحة في أستراليا



التصحّر (امتداد الصحاري)

امتداد الصحاري خطر يهدد كوكبنا المتزايد السكان؛ وسكان التّخوم المجاورة للصحاري مسؤولون جزئيًا عن ذلك. فالرعي المفرط، وقطع الشجر لأخشاب البناء؛ يحيلان الأرض إلى صحاري ويُسهمان في عمليات التصحر. وتتعدّد هذه المشكلة بِخاصّة في المناطق التي انحبس عنها المَطرُ عدّة سنين.

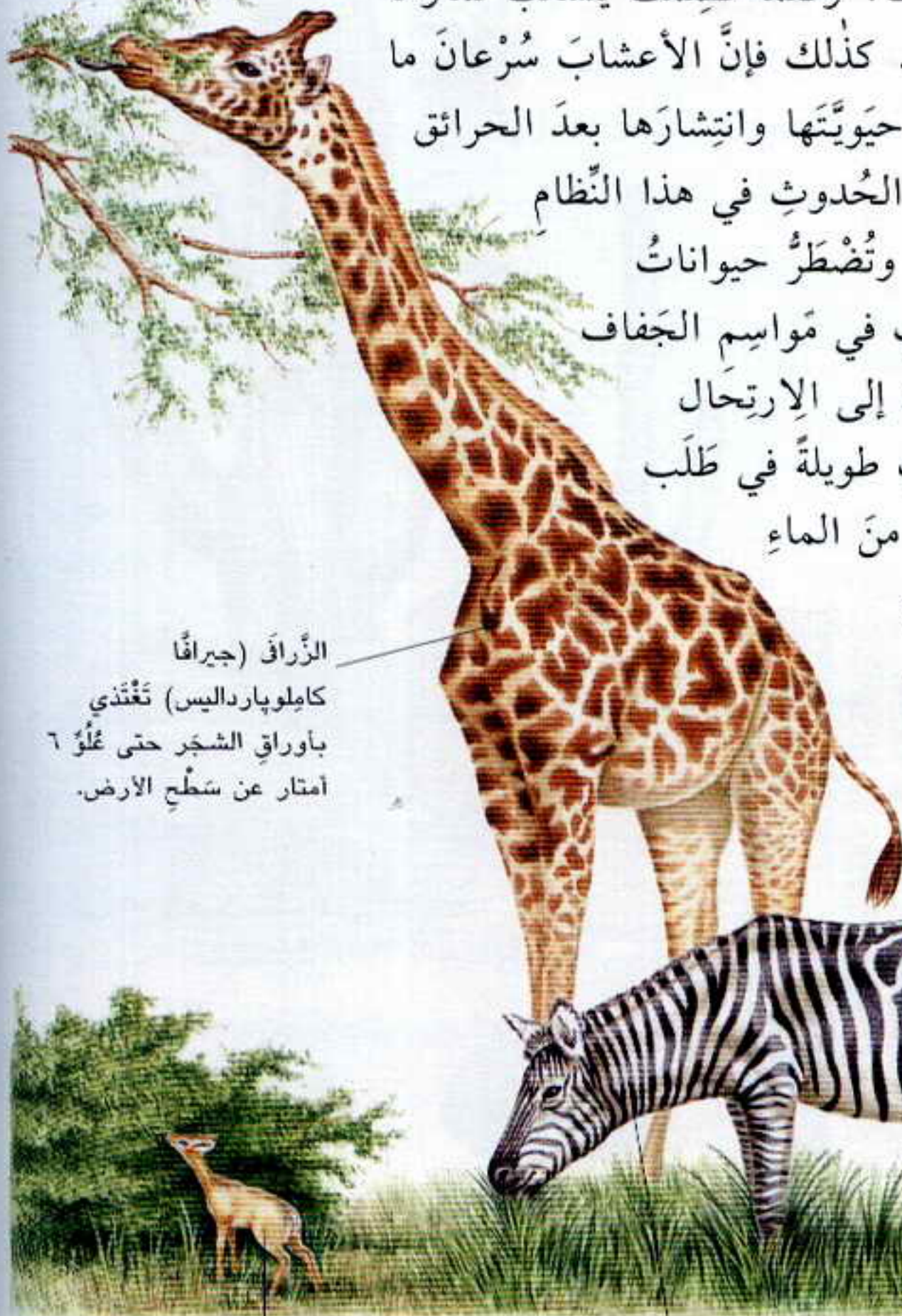


لمزيد من المعلومات انظر

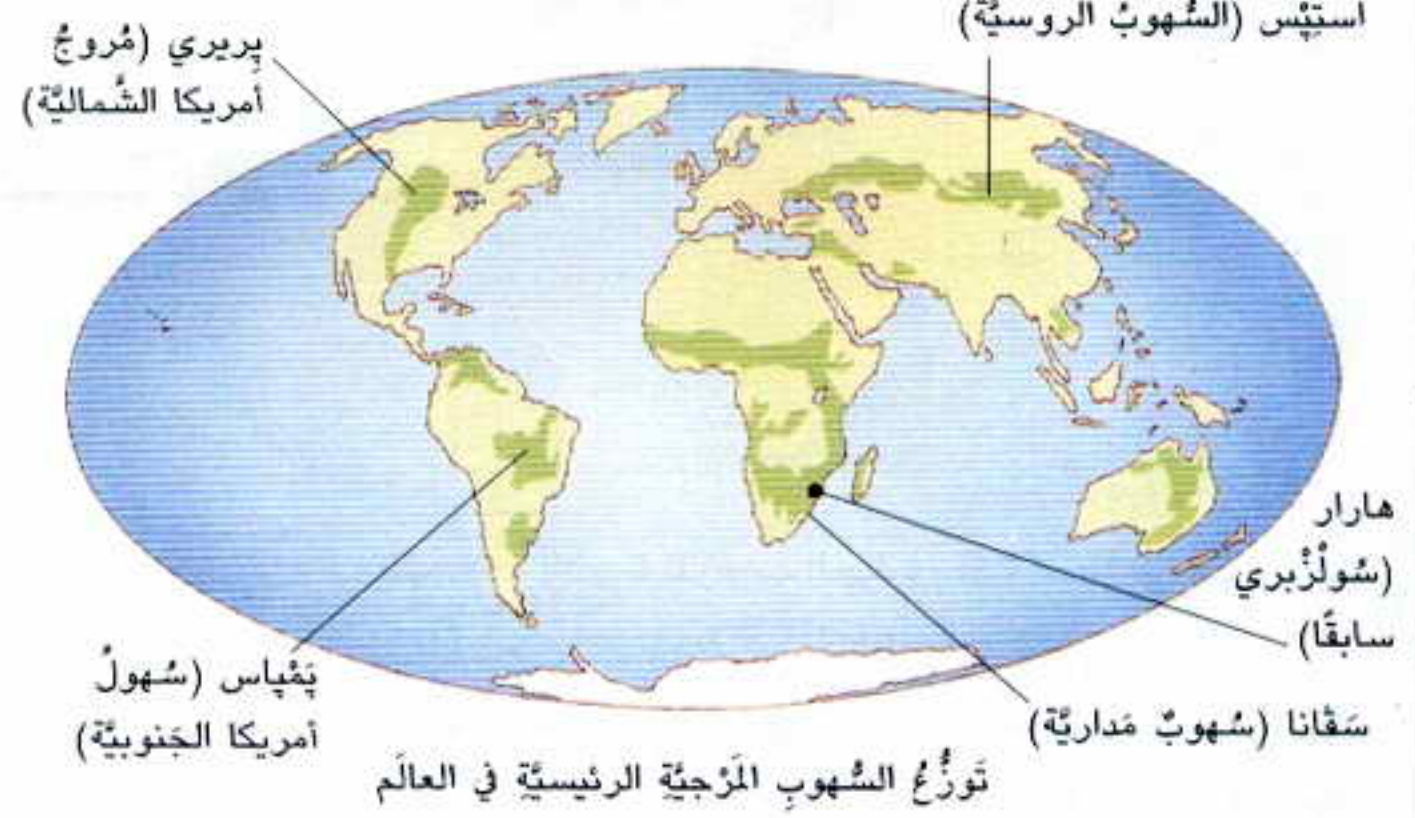
- انيقال الحرارة ص ١٤٢
- المناخ ص ٢٤٤
- التطور (النشوء بالتحوّل العضوي) ص ٣٠٨
- نظام الثقل في الثبات ص ٣٤١
- الحركة ص ٣٥٦

السُّهوبُ المَرْجِيَّةُ الطَّبِيعِيَّةُ

المَنَاطِقُ الفقيرةُ التُّربةَ والشديدةُ جفافِ المُنَاحِ يَقتَصِرُ النَماءُ النَّباتيُّ فيها على الأعشابِ وبعضِ الجَنَباتِ والشَّجَرِ، وتُدعى سُهوبًا مُعشِبةً. وتولَّفُ الأعشابُ بِداياتِ الكثيرِ من السَّلاسلِ الغذائية؛ وهي، بِخِلافِ الشَّجَرِ، تحتَمِلُ قُصَمَ العاشِبَاتِ لأنَّها تَنمو من القاعِ لا مِن الأُطرافِ. وكُلُّما قُصِمَت يَتَشَعَّبُ نَماءُها ويزِيدُ. كَذَلِكَ فإنَّ الأعشابَ سُرْعانَ ما تَسْتَعِيدُ حيويتها وانتِشارَها بعدَ الحرائقِ الكثيرةِ الحُدوثِ في هذا النِّظامِ البيئيِّ. وتُضطرُّ حيواناتُ السُّهوبِ في مَواسِمِ الجفافِ أو البَرْدِ إلى الإرتِحالِ مَسافاتٍ طويلةٍ في طَلَبِ كِفايتها من الماءِ والطَّعامِ لِلعِيشِ.



الرَّافِقُ (جِرافًا)
كاميلوبارداليس) تَغْتَنِي
بأوراقِ الشَّجَرِ حتَّى عُلوِّ ٦
أمتارٍ عن سَطْحِ الأرضِ.



طَعامٌ لِلجميعِ

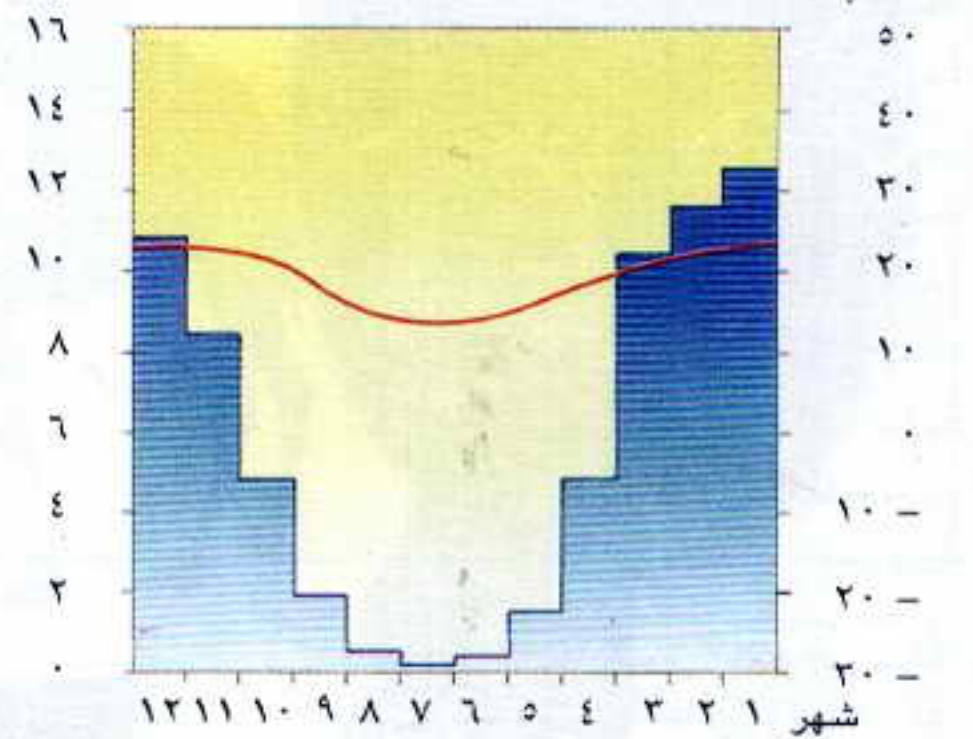
السُّهوبُ العُشْبِيَّةُ في المَنَاطِقِ المَداريَّةِ بِشَرْقِ إفريقيا تُدعى السَّافانا. وفيها يعيشُ أَكثَرُ من ٤٠ نوعًا من الرَّاعيَّاتِ اللَّبُونَةِ تتقاسمُ الغِذاءَ. ويتوافَرُ عادةً ما يَكْفِي من الرِّعيِّ لِتلكَ الحيواناتِ - إذ إنَّ مُختلفَ الأنواعِ تَغْتَنِي بِمُختلفِ أَجزاءِ الأعشابِ والجَنَباتِ والشَّجَرِ. فحُمُرُ الرُّزْدِ، مثلاً، تَأْكُلُ رؤوسَ السُّوقِ العُشْبِيَّةِ وثِيابِلُ النُّو تَأْكُلُ أواسِطَها وغَزَلانٌ طومسون تَأْكُلُ أسافِلَها. وتُرَكِّزُ ظَباءُ الدَّقْدِقِ الصَّغيرةُ على الجَنَباتِ الخفيضة؛ في حين تَغْتَنِي الرَّافِقُ بأوراقِ وعُساليجِ الشَّجَرِ العالِيَةِ.



ظَباءُ الدَّقْدِقِ الصَّغيرةِ تَغْضُمُ
أوراقِ الجَنَباتِ الطَّرِيَّةِ،
بِخاصَّةِ فُرُوعِ السَّنَطِ الطَّرِيَّةِ.

حُمُرُ الرُّزْدِ تَغْتَنِي بِرؤوسِ
الأعشابِ القاسِيَةِ الخَشِنَةِ،
وتَنبِشُ التُّربةَ في طَلَبِ الجُذورِ.

المُعَدَّلُ الشهريُّ لدرجاتِ الحرارةِ وكميَّةِ المَطَرِ في هَارارَ، زِمبابوي (روديسيا سابقًا)
دَرَجَةُ الحرارة - س°
كميَّةُ المَطَرِ - بالمِلمِ

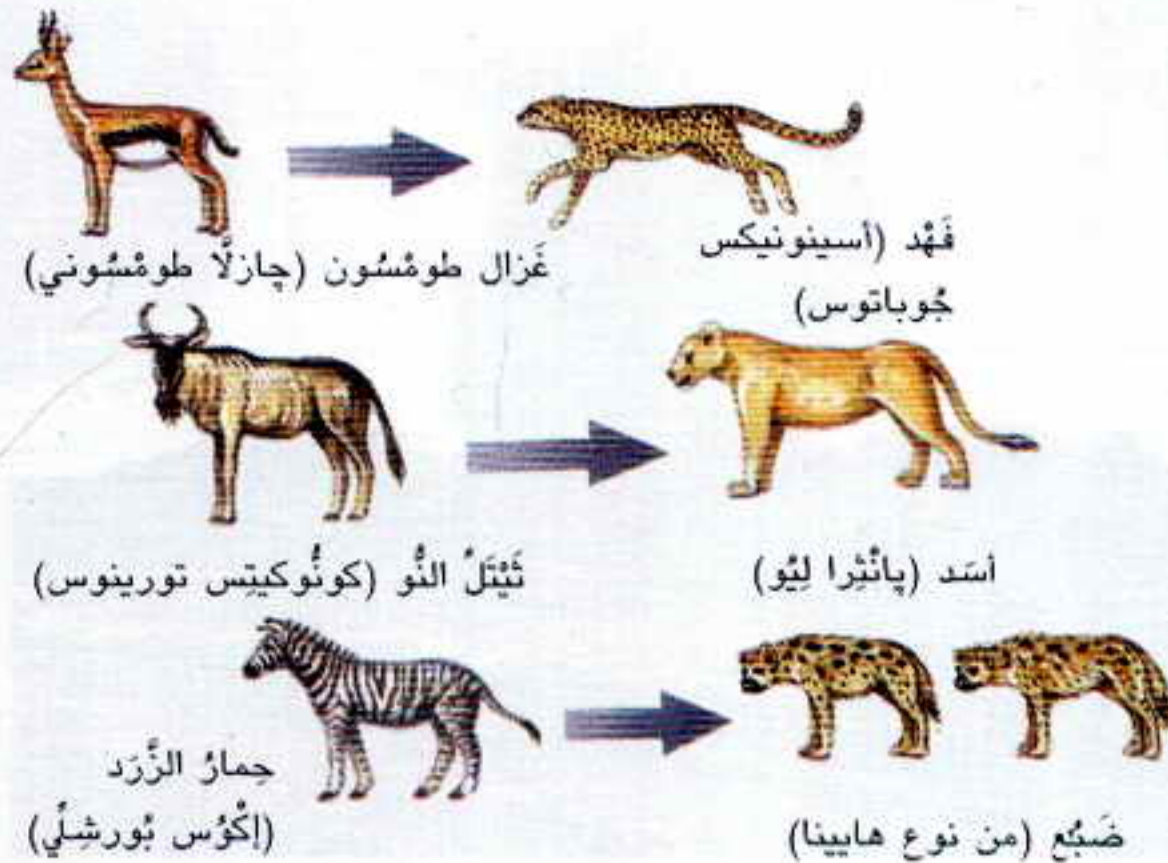


المُنَاحُ

السُّهوبُ المَداريَّةُ دافئةٌ على مَدَارِ السَّنَةِ، لَكِنَّ فَضْلَ الصَّيْفِ جافٌ طويلٌ. أمَّا سُهوبُ المَنَاطِقِ المُعتَدِلَةِ فشتاؤها بارِدٌ جَدًّا مع نَوَابِتِ صقيعٍ قاسيةٍ، وصيفُها حارٌّ جافٌ. ويُبَيِّنُ المُحِطُّظُّ أعلاه مَنَاحَ مَدِينَةٍ في السُّهوبِ المَداريَّةِ.

الضَّواري

أعدادُ كَثيرَةٍ من العاشِبَاتِ في السَّافانا الإفريقيَّةِ تَقَعُ فرائِسَ لِأَصنافٍ مُختلفَةٍ من الضَّواري. وَيَنْزِعُ كُلُّ ضارٍ إلى فرائِسِهِ المُفضَّلَةِ تَبَعًا لِأَسلوبِهِ في الصَّيْدِ. فالهُودُ تَسْتَطِيعُ مُطارَدَةَ الغَزَلانِ بِسُرْعَاتٍ تَبْلُغُ ١٠٠ كم/سا لِفَتَرَاتٍ قصيرةٍ. والأسودُ لا تَبْلُغُ هَذِهِ السَّرْعَةَ، لِذا فَإِنَّها تُحاوِلُ الاقْتِرَابَ من الفريسةِ ما أمكَنَ؛ وهي قوِيَّةٌ وتَضطَّادُ جَماعاتٍ، فيمكِنُها قُصُصُ حيواناتٍ كَبارٍ كَثِيبِلِ النُّو. والضَّبَاعُ أيضًا تَضطَّادُ جَماعاتٍ، لَكِنَّ أَكْبَرَ ما تَقْضِيهِ لا يَتجاوَزُ عادةً جَمارَ الرُّزْدِ.



الشهوب العشبية الآسيوية

تمتدُّ الشهب العشبية (الستبس) عبر أواسط آسيا - من أوروبا إلى الصين. وفي الماضي كانت تجوب هذه الشهب قطعان كبيرة من الحيوانات الراعية، كالبيزون (بيزون بوناس) وطي السبغا (سبغا ترناركا)، تقضم أعشابها فتشظ نماءها المتجدد، وتدوس برورها فتغرزها في الأرض لتتسب وتنبو؛ كما تخصب تربتها بروثها وفصلاتها. لكن الصيد والمزارع والاستزراع قضت على معظم هذه الحيوانات. وجدير بالذكر أن طباء السبغا أخذت في التكاثر بفضل تدابير الحماية المطبقة حالياً.



المازا، أرنب بتاغونيا (دوليكوتس بتاجونا) تعيش جماعات قد يبلغ عددها ٤٠ في الجحر الواحد. وهي تستطيع الهزب من الخطر بفقرات سريعة، تقارب واجدتها المثرين، بفضل رجليها الخلفيتين الطوليتين.

المنجرات

في شهب (اليمباس) بأمريكا الجنوبية، تعيش أعداد ضخمة من اللبونات الصغيرة تحت الأرض في مأمن من خطر الحرائق والصواري. وهذه المنجرات تسهم في مزج طبقات التربة فلا تتراكم

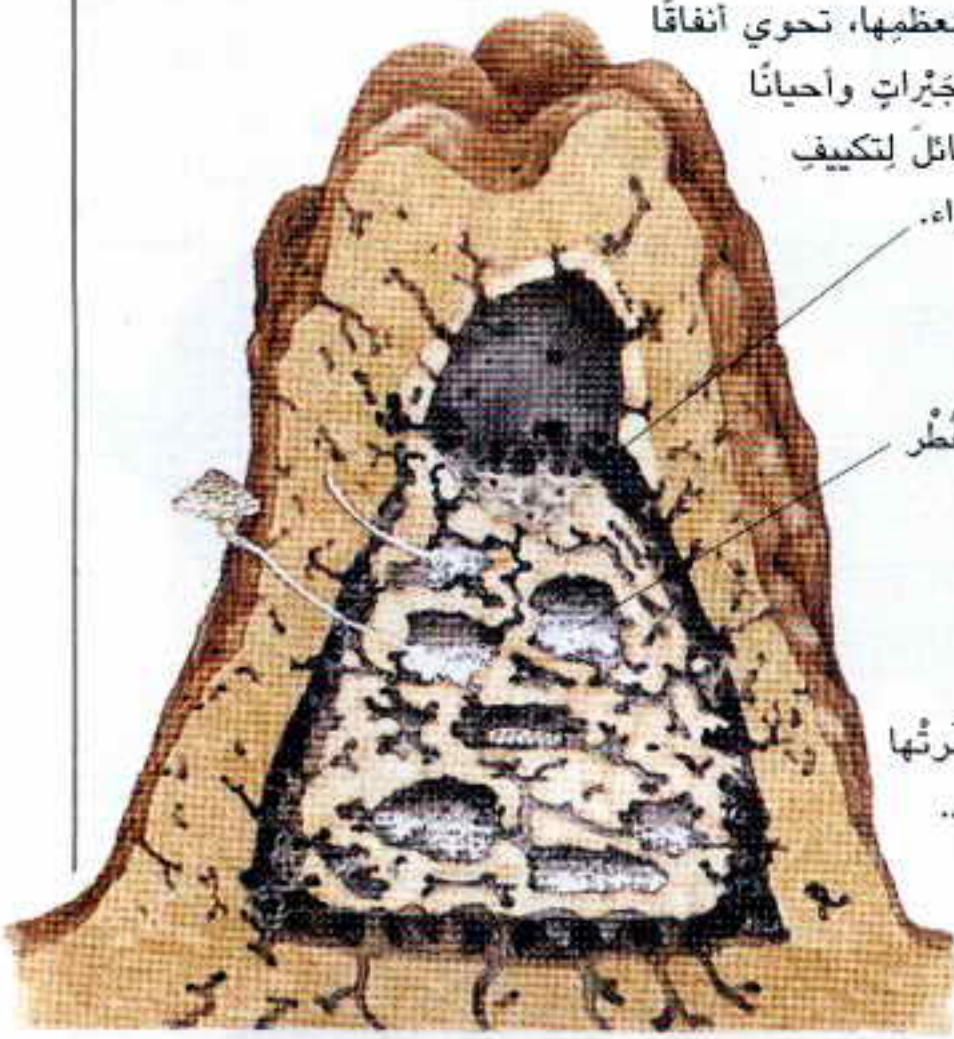
المعادن على السطح، مما يعني التربة بالمغذيات ويعزز نمو الأعشاب والنباتات الأخرى. وفي شهب البريري بأمريكا الشمالية، تعيش السناجب الأرضية (من نوع ساينوميس) المعروفة بكلاب المروج في جماعات ضخمة ضمن مستوطنة كاملة متصلة شبكة الجحور. وهي تحس، بالرعي الخفيض، كامل المنطقة حول الجحور لتبقي تحركات الأعداء نحوها مكشوفة للرؤية.



أخطار تهدد الشهب العشبية

خفص الصيد عدد الحيوانات الراعية ومفترساتها، في الشهب العشبية، إلى حد بعيد. حتى في مناطق الخطر لا يزال الناس يصطادون خلسة بدون ترخيص. ونتيجة لذلك فقد قتل خلال الثلاثين سنة الماضية ما لا يقل عن ٨٥ بالمئة من الكركدانات في العالم. ويقوم خفر الصيد، في كينيا وسواها، بتعقب الصيادين المخالفين، ويُنقذون أحياناً حيوانات اصطيدت بصورة غير قانونية.

أعشاش الأرض (التمل الأبيض)، في معظمها، تحوي أنفاقاً وحجرات وأحياناً وسائل لتكييف الهواء.



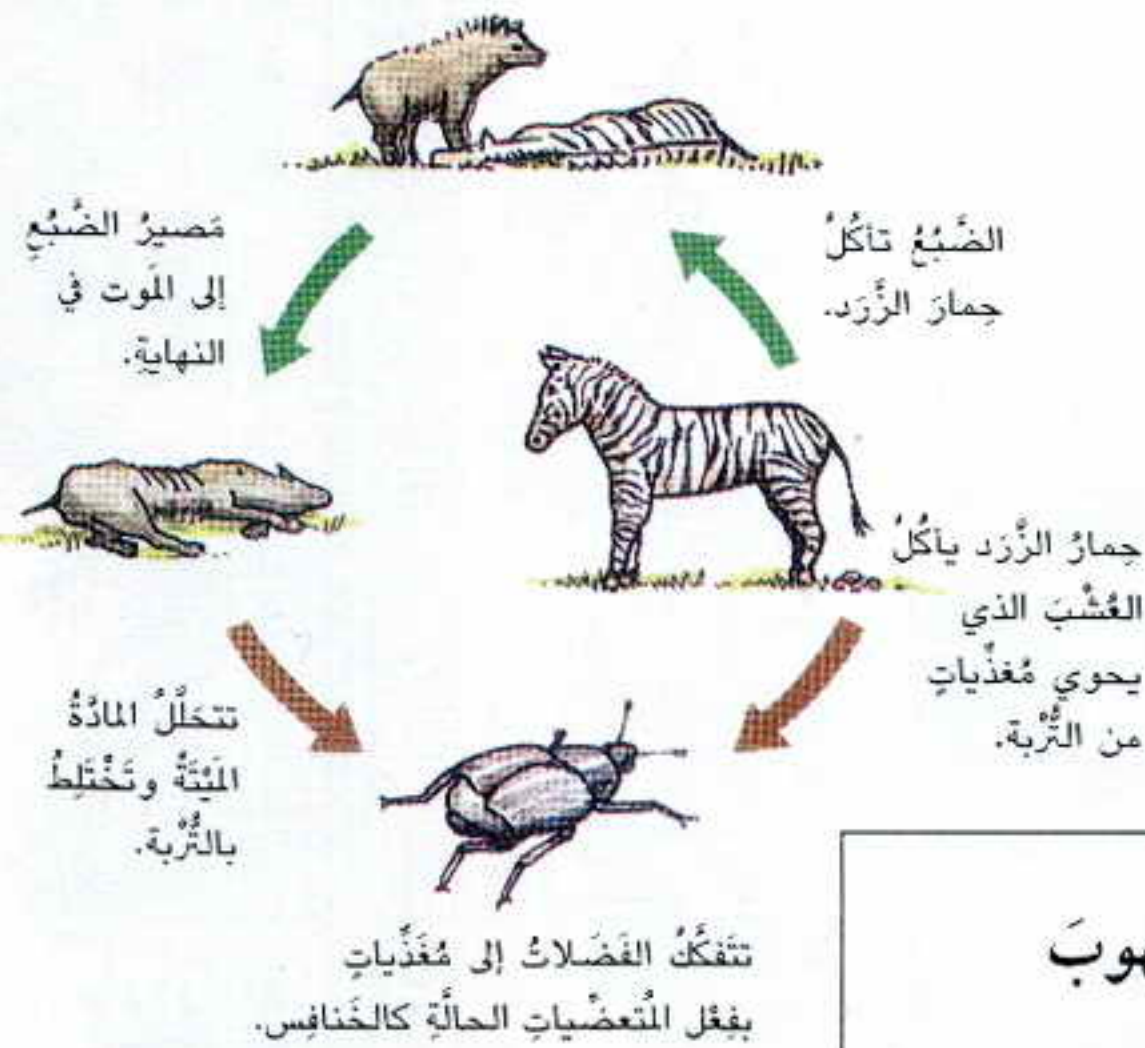
الأرض (التمل الأبيض)

الأرض من عوامل الانحلال الأساسية في الشهب العشبية. فهي تأكل المواد الميتة أو تنقلها إلى داخل أعشاشها البرجية الطينية لاستخدامها دماً (خليط تسميد) للفطر التي تنميها لتغذي بها. وقد يعلو العش البرجي لبعض أنواع الأرض ٢,٥م ويستوطنه قرابة ٢٠ مليون أرضة.

تحفر القسكاشات (لاجوشتوس مكسيس) شبكات ضخمة من الأنفاق بأرجلها الامامية القوية. وتستطيع غلق المخترن أثناء الحفر لمنع التراب من الدخول فيهما. وهي تشرع ليلاً فتأكل الأعشاب والنباتات الأخرى.

جورج وجوي آدمسون

عمل قيم الصيد البريطاني جورج آدمسون (١٩٠٦-١٩٨٩)، وزوجته جوي (١٩١٠-١٩٨٠) على حماية الحياة البرية والعناية بها في كينيا، بإفريقية. وكانت الزوجة تهتم بالأسود بصورة خاصة. وقد اشتهرت بتربية اللبوة إلسا كجروية ثم إعادتها إلى الحياة البرية. وقد أخرجت قصة إلسا فيلمًا سينمائيًا عام ١٩٦٠ بعنوان «ولدت حرة». وللاسف، قتل جورج وجوي آدمسون غيلة في كينيا.



دورة المغذيات

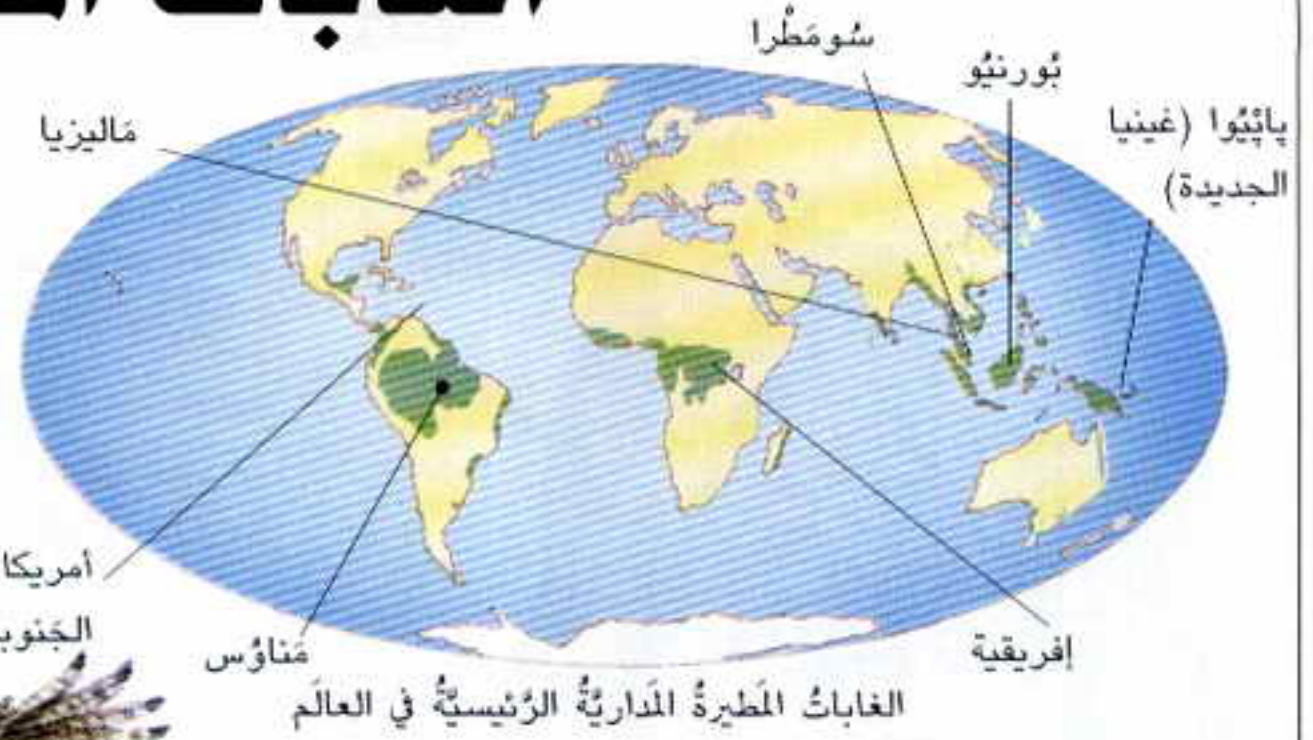
يغذي الكثير من الحيوانات والبكتيريا والفطر، في الشهب العشبية، بالنباتات أو الحيوانات الميتة أو بروث الحيوانات. فيصبح بعض هذه المغذيات جزءاً من أجسام الحالات ويصير بعضها في آخر الأمر إلى إخصاب التربة. وهكذا فإنه لا يضيع شيء، بل تدور المغذيات في حلقة متواصلة.

لمزيد من المعلومات انظر

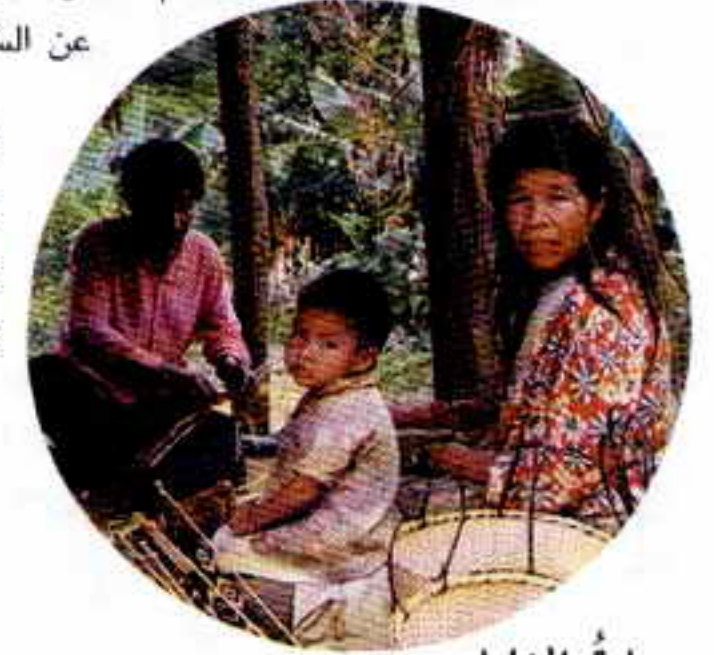
- المناخ ص ٢٤٤
- التغذية ص ٣٤٢
- الهضم ص ٣٤٥
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- الهجرة والإسبات ص ٣٨١

الغابات المطيرة الاستوائية

الأنظمة البيئية في الغابات المطيرة المدارية تضم أكثر من نصف أنواع الحيوانات والنباتات في العالم، رغم أن ما تغطيه هذه الأنظمة يقل عن ١٠٪ من مساحة اليابسة. تنمو هذه الغابات في المناطق القريبة من خط الاستواء في أمريكا الجنوبية وإفريقية وآسيا وأستراليا. وهي تزخر بالحياة لتوافر الظروف الملائمة لازدهار الكائنات الحية - من رطوبة ودفع وضوء شمس ساطع من فوقها. أشجار هذه الجراج تنمو بسرعة، وتبلغ ارتفاعات عالية في تنافسها للحصول على أكبر كمية ممكنة من نور الشمس.



الغابات الخُطافة (ماريها هاربيجا)، أكبر الكواسر في العالم، تُخلق فوق ظلة الشجر المتشابكة بحثًا عن السعدين والدباب الكسالى.



رعاية الغابات

تقوم هذه العائلة في الغابات المطيرة البرازيلية بصنع السلال من مواد طبيعية. لقد علق سكان الغابات آلاف السنين في ونام مع البيئة، يزرعون مزيجًا من الزروع في مساحات صغيرة يبدلون بعد بضعة سنوات تاركين التربة لترتاح وتستعيد خصوبتها. وبذلك يحصلون على الفائدة القصوى من المغذيات.

الدباب الكسالى (برابيوس ترايدكتيلس) تأكل وتتغذى وتنام معلقة، راسًا على عقب، بأغصان الشجر مُستخدمةً مخالبها الطويلة الخُطافية.

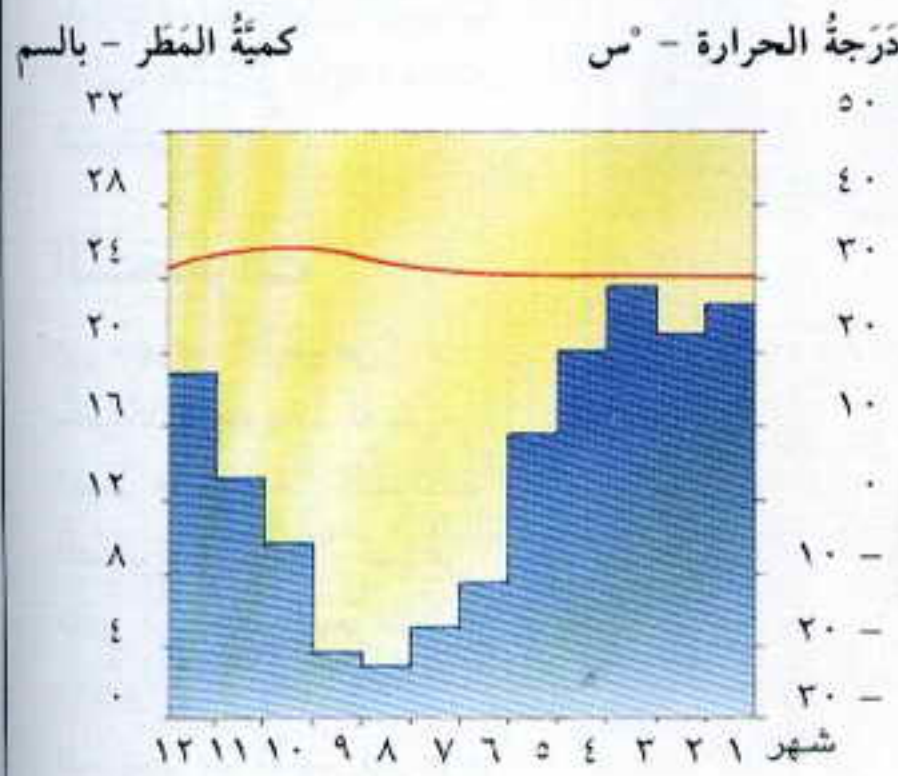
الطبقات الأحيائية

الأحياء البرية في الغابات المطيرة الأمازونية تعيش على مستويات متباينة. فمعظمها يعيش على مقربة من ذرى الشجر - في الظلة، حيث توافر كميات ضوء الشمس والدفع والطعام. ويتضاءل تنوع الحياة البرية في الطبقات الأدنى الأعم والأبرد، تحت الظلة. أما الحيوانات الكبرى فتعيش على أرض الغابة.

تذرع حشود النمل الفيلقائية (من الغابة في طوابير من حوالى ٢٠٠,٠٠٠ نملة، بحثًا عن الطعام ليرقاناتها).
البقاري الخنزيرية (من نوع نياسو) تغتذي بالنباتات على حافة الغابة.



أجوتي (من نوع داسي بركتا)



المعدل الشهري لدرجات الحرارة وكمية المطر في مناؤس، بالبرازيل

المناخ

الغابات المطيرة دافئة على مدار السنة، وتتراوح درجات الحرارة فيها بين حوالي ٢٠ و ٢٨°س. ومناخها هو الأكثر رطوبة بين مختلف الأنظمة البيئية، إذ تهطل فيها الأمطار كل يوم تقريبًا، ويبلغ معدل المطر السنوي فيها ٤ أمتار.

ضفادع الشجر عامة الانتشار، إذ تستطيع وضع بيوضها في بركات الماء المتجمعة في الشجر.

السعادين العنكبوتية (من نوع أبتلس) تستخدم أذيالها في قبض الأغصان.

أصل الشجر الخضراء (كورلس كانيش)



في الطبقة التحتية، تتخوى النباتات المغترسة والمتسلقة حول الشجر والجنبات.

فرزة الجفور المرقطة (بانثرا أونكا) تموت أثناء تصيده فراشة كالاجوتيات والبقاري الخنزيرية.

تستطيع الفطريات العيش على أرضية الغابة لأنها لا تحتاج الضوء لتخليق غذائها.

نظام بيئي صغير

البرومليديات نباتات تعيش على أغصان الشجر، ويتجمع الماء فيها بركات تولف نظامًا بيئيًا صغيرًا يوفر فيه الورق المتعفن وذرق الحيوانات غذاء للبكتيريا والحشرات التي تغدو بدورها غذاء للحيوانات الصغيرة.



التنقل في الغابة

حيوانات الغابات المطيرة مهيأة بميزات خاصة تُعينها على التنقل بين الشجر. فالطيور ذات أجنحة عريضة قصيرة تُمكنها من الانعطاف والدوران بين الأغصان. وبعض الحيوانات مُجهزة بسدلات جلدية تُنبسط كالأجنحة فتُمكنها من الانزلاق شراعياً من عُصن لآخر. وتستخدم السعادين أيديها وأقدامها للتسلق، وبعضها يقبض الأغصان أيضاً بذييله المهيأ للقبض كأنه يد إضافية.



طائر الفردوس

يعيش طائر الفردوس (براديرا راجيانا) في الغابات المطيرة في بابوا غينيا الجديدة. وهو ذو جناحين قصيرين للطيران بين الشجر، وقدمين قويتين لقبض الأغصان. وباستطاعة الذكر، كالمبين هنا، التعلق من عُصن، مُقلِّباً رأساً على عقب، لاجتذاب وُد الإناث بريشه الزاهي الألوان.

السُّعْلَاء (الأورانغوتان)

يتطوَّح السُّعْلَاء (بُونغو بيجمايوس) بسرعة كبيرة بين الشجر بفضل ذراعيه الطويلتين وأصابعه القوية. وهو يعيش في الغابات المطيرة في بورنيو وسومطرا؛ ولَقَبُهُ «أورانغوتان» كلمة ماليزية تعني «إنسان الغابات».



الورغة الطائرة

تعيش الورغة الطائرة (تيكوزون كُهلِي) في الغابات المطيرة الماليزية. وبفضل الطيات الجلدية على طول جانبي جسمها وذيلها وأرجلها يُمكنها الانزلاق شراعياً من شجرة إلى أخرى؛ كما إن هذه الطيات تُموِّهها وهي جاثمة على لحاء الشجر. والورغة مُزوَّدة بمخالب حادة وخيوط حرشفية في أقدامها تُساعدُها على الالتصاق بجذوع الشجر الرقيقة.



يتقطر المطر مُتساقطاً عبر الشجر فتتلقاه الأوراق والأغصان والجذور. وتفقَّد الأشجار فائض الماء بالتَّح والتَّجَر من أوراقها.

الدورات في

الغابات المطيرة

الماء والأكسجين والمعادن والمُغذيات تمرُّ عبر الشجر. وبسبب الدَّفء والرطوبة، أساساً، في الغابات المطيرة المدارية، يُعاد تدوير المُغذيات من التربة بسرعة إلى الظلة بواسطة الشجر. وهذا يعني أن التربة تبقى فقيرة لا تصلح للزراعة.

يُؤخذ الأكسجين أثناء التنفُّس ويُلفظ أثناء التخليق الضوئي. كما يُلفظ ثاني أكسيد الكربون أثناء التنفُّس ويُؤخذ أثناء التخليق الضوئي.

تسقط الأوراق والحيوانات الميتة إلى الأرض.

البكتريا والفُطر في التربة تُفكِّك المواد الميتة، فيمتصُّ الشجر المُغذيات منها، عبر جذوره، ويستخدمها لينمو.



أخطار تُهدد الغابات المطيرة

لقد دُمِّر أكثر من نصف الغابات المطيرة في العالم منذ العام ١٩٤٥؛ وأدَّى ذلك إلى انقراض مئات الأنواع من الحيوانات والنباتات. ويُقدَّر الخبراء مُعدَّل هذا التدمير حالياً بمساحة ملعب لكرة القدم كلَّ ثانية! والأخطار الرئيسية التي تُهدد هذه الغابات حالياً مَصْدَرها قاطعو الأشجار للخشب، ومُجَتُّو الحراج للزراعة وإنشاء المزارع أو لتربية المواشي أو للتَّحْقِيق عن النفط والمعادن.

دراسة الغابات المطيرة

تعيش آلاف من الأنواع الحيوانية والنباتية في الغابات المطيرة ولا يُعرف العلماء عنها شيئاً. لكنَّ البيئيين مُنكبُّون على دراستها حالياً، مُستخدمين مُعدَّات التَّسَلُّق الجبلية ليصلوا إلى ذرى الظِّلِّ فيها؛ كما يقومون بِشَقِّ ممرات دائمة بين الشجر.



رثاث كوكب الأرض

نُوصِف الغابات المطيرة أحياناً بأنها رثاث كوكب الأرض. فالمساحات الشاسعة منها، كهذه الغابة في ماليزيا، تأخذ من الهواء كمِّيَّات ضخمة من ثاني أكسيد الكربون وتعيد إليه كمِّيَّات كبيرة من الأكسجين والماء أثناء التخليق الضوئي، ممَّا يُؤثِّر في مُناخ الأرض بكاملها.

لزيد من المعلومات انظر

- المناخ ص ٢٤٤
- التَّحْلِيق الضوئي ص ٣٤٠
- نظام التَّحْلِيق في النبات ص ٣٤١
- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- اللُّون والتَّحْمُوه ص ٣٨٠
- الحياة البرية في خُطَر ص ٣٩٨

غابات المنطقة المعتدلة

تَنُمُ الصَّنوبريَّاتُ والشَّجَرُ العَرِيضُ الورق في غاباتِ المناطقِ المُعتدلةِ الشماليَّة، كـبعضِ أنحاءِ أورُوبا وأمريكا الشماليَّة، ذاتِ المُناخِ المُعتدلِ - حيثُ تَمَيَّزُ الفُصولُ بِشِتاٍ باردٍ وصيفٍ حارٍّ غيرِ شديدي البَرْدِ والحَرِّ. وَيَعلَبُ نَماءُ الحراجِ الصَّنوبريَّةِ شَمالاً، فيما تَتَشَرُّ عَرِيضَةُ الورقِ بعيداً إلى الجنوب. وتُوفِّرُ هذه الغاباتُ طعاماً ومأوى لأعدادٍ ضَخمةٍ من النباتات والحيوانات. وهي عُمومًا غيرُ كثيفةِ التراصُّ، كـالغاباتِ المَطيَّرةِ، لذا تَسْتَطِيعُ النباتاتُ الصَغيرةُ العِيشَ فيها بما يَصِلُها من ضوءِ الشَّمْسِ دُونَما حاجَةٍ لِتَسَلُّقِ بَواسِقِ الشَّجَرِ لِيلُوغه. وفي المناطقِ الأبردِ يَسْتَغْرِقُ انِحْلالُ الموادِ المَيِّتَةِ سِنينَ عديدةٍ مِمَّا يَجْعَلُ دَوَراتِ المُغذِّياتِ فيها أبطأ.

مُتَصَالِبُ المِيقار
(لوكسيا كيرشروسترا)
يتمكَّنُ من فَتْحِ أَكْوَازِ
الصنوبرِ بِمِيقايهِ
لِيلُوغِ البُزُورِ
بِداخلِها.

المطرُ الحامضي يُؤثِّرُ
سَلْبًا على الصَّنوبريَّاتِ
فَيُسْقِطُ أوراقها الإبريَّة.

الغابات الصنوبرية

يَعلَبُ تَواجُدُ الصَّنوبريَّاتِ في المُناخِ الباردِ. والأشجارُ لا تَسْتَطِيعُ سَقْطُ الماءِ من التُّربةِ المُتجمِّدةِ في الشِتاٍ؛ لَكِنَّ أَوَاقها الإبريَّةَ أَقلُّ قَدًّا لِلماءِ من الأَوراقِ المُسَطَّحةِ العَرِيضةِ، لِذا تَظَلُّ الصَّنوبريَّاتُ دائمةً الحُضرةَ على مدارِ السَّنة. كما إِنَّ الشَّكْلَ المَخروطيَّ، لِلكَثِيرِ من الصَّنوبريَّاتِ، يَجْعَلُ التَّلَجَّ يَزلُقُ عن أَغصانِها، ويُجَنِّبُها خَطرَ التَّقَصُّفِ تحتِ ثِقَلِ التَّلَجِ المُتراكِمِ.

أخطارُ تَهْدُدُ الغابات

لَقَدْ أَجْتَشَّتْ غاباتٌ عديدةٌ في المنطقةِ المُعتدلةِ لِإنشاءِ المَزارعِ والبُيوتِ. وكثيرًا ما تُسَوِّدُ الصَّنوبريَّاتُ من بُلدانٍ مُختلفةٍ لِتَحُلِّ محلَّ الغاباتِ العَرِيضةِ الورقِ، لأنَّ الصَّنوبريَّاتِ أَسْرَعُ نُمُوًا وَجُذوعها المُستقيمةُ أيسرُ لِلنَّشْرِ الواحِ خَشِيبَةً. لَكِنَّ الأحياءَ البرِّيَّةَ في الغالبِ لا تَسْتَطِيعُ العِيشَ على الأشجارِ الجَديدةِ.

مَزارعُ
صنوبريَّاتٍ من
جنسِ پايسيا
(الراتنجيَّة)
ولاركس
(الأرزيَّة) في
سكُتلندا

السَّناجيبُ الرُّماديَّةُ
(سَيُورُس)
كارولِيننيز) تَدْفِنُ
ثَمَازِ البُلوطِ طعامًا لِلشِتاِ،
وهي، بِطَبِيعَةِ الحالِ، تُضَيِّعُ بَعْضَها
فَتَنْتَشِرُ وتَنُمُو أَشجارًا جَديدةً.

تَعيشُ الحَرِيشُ «أَمُ أَرَبِيعِ
وَأَرَبِيعين» (ليثوبوس)
فُورفيكاشس) في الأَماكِنِ
الرُّطبةِ، بَينَ الوَرَقِ مِثْلًا؛
وتَصطادُ العِناكِبَ والديدانَ
وَحَميرَ القَبانِ لَيلًا.

عَفْصُ البُلوطِ (السُّنديانِ) تُحْدِثُهُ
رَنايِبُ العَفْصِ (انديكوس
كولاري) بِوَضْعِ بَيوضِها على
بَراعمِ السُّنديانِ في الرَّبيعِ. فَتَنطَوِّرُ
البَرقاناثُ دَخلَ العَفْصِ إلى رَنايِبٍ تَأْكُلُ
طَريقَها إلى خَارجِ العَفْصِ في الخَريفِ.

مَنظومَةُ بَيتيَّةِ سِنديانيَّة

شَجَرَةُ السُّنديانِ من عَرِيضاتِ الوَرَقِ، تُولِّفُ مَنظومَةً بَيتيَّةً مُتكاملةً. فَهي تُحَلِّقُ غِذاءها بَنفِسيها، وتَعدُو أَوَاقها وأَزهارها وَثَمَازها وَلِحاقها وَخَشِيبها طَعامًا لِلحَشَراتِ والطُّيورِ وَاللَّبوناتِ الصَّغيرةِ. وَهذه الكائناتُ تَعدُو بِذَوَرها طَعامًا لِلحيواناتِ الأَكْبَرِ. وفي نَهايةِ المَطافِ تَمُوتُ الحَيَواناتُ جَمِيعُها وتَنحَلُّ موادُّها فَتَعودُ إلى التُّربةِ؛ وَتَمْتَصُّها الشَّجَرَةُ مُجَدِّدًا كَمَغذِّياتٍ وَتَسَخِّدُها في عَمليَّةِ النُمُو. وَتَغيِّرُ المَنظومَةُ البَيتيَّةُ مَعَ الفُصولِ فُتُتِبُ فُروعا مُورِقَةً في الرَّبيعِ وَتُسْقِطُ أَوَاقها في الخَريفِ. أَمَّا في الشِتاِ، فَتَهْجَعُ الشَّجَرَةُ وَتَسْبُتُ الحَيَواناتُ أَوْ تَقَلُّ نَشاطَها أَوْ تَهاجِرُ.

نَقَّارُ الخَشَبِ
الأَرَقَطُ الكَبيرُ
(بِنْدروكويس ميجر)
يُغشِّشُ في تَجاويفِ الشَّجَرِ
ناقِزًا جُذوعها البَاليَّةَ بَحْثًا عن
حَشَراتٍ يَأْكُلُها.



يَعيشُ جِمارُ القَبانِ
(يُورسليو شكاير) في
الأَماكِنِ المَظْلَمَةِ الرُّطبةِ
تحتِ الوَرَقِ والجِجَارَةِ
واللِّحاءِ والجُذوعِ،
ويَغْذِي بالوَرَقِ المُتَغَفَّنِ
واللِّحاءِ والفُطُرِ.

أوعِيَّةُ الإِشمارِ
(حَامِلَةُ الرِّفاقِ) في
الفُطُرِ العَسليِّ
(أرميلاريا مليا) تَنبُتُ على
أَروماثِ الشَّجَرِ وعلى
الأَشجارِ المَيِّتَةِ في الخَريفِ.



لِزِيدِ مِنَ المَعلوماتِ انْظُرْ

المُناخ ص ٢٤٤
الصَّنوبريَّات ص ٣١٧
النَّباتاتُ الزَّهريَّة ص ٣١٨
نَظامُ التَّغَلُّبِ في النَّباتِ ص ٣٤١
دَوَراتُ في الغِلافِ الحَيَويِّ ص ٣٧٢
الهَجرَةُ والإِسبات ص ٣٨١

الحواضر والمدن

مع تنامي سُكَّانِ المَعْمُورَةِ إلى ما يُقَارِبُ السَّتَّةَ مِلياراتِ نَسَمَةٍ، تَتَزَايَدُ المِساخاتُ التي تَشْغُلُها الحواضرُ والمدُنُ لاسْتِيعابِهِم. وتُضْطَرُّ مُعْظَمُ الأحياءِ البرِّيَّةِ الأصليَّةِ في تلكِ المناطقِ إلى هَجرِ مَواطِنِها. لَكِنَّ بَعْضَ الحيواناتِ والنباتاتِ تَنجَحُ في التَّعايشِ مع الأوضاعِ الجديدة - مُستفيدةً مِنْ مُناخِ المُدُنِ الأدْفأ (عِدَّةُ درجاتٍ مِنْ جَوِّ الرِّيفِ) والأقلَّ تَعَرُّضًا لِعَصفِ الرِّيحِ. كما تَعْدُو فَضلاتُ البَشَرِ ونُفاياتُ مَطابخِهِم مَصْدَرُ غِذاءٍ وَفِيرًا لِلْكَثِيرِ مِنَ الحيواناتِ الأصليَّةِ.

الحياة في نظام بيئي حضري

يُوفِّرُ البَيتُ وحَدِيقَتُهُ في نِظامِ بَيتي حَضَريٍّ، كالمُبيِّنِ هُنا، مَجالًا لِحَيَوةٍ مُتنوِّعةٍ لِلنباتاتِ والحيواناتِ. فالطُيورُ، كالزرازيرِ، تَبِيتُ وتُعشُّشُ في السَّقْفِ مع الخُفافيشِ والسَّنَاجِبِ. والكائناتُ الأصغَرُ، كالصُّراصيرِ (بناتِ وِردانٍ) والنَّمالِ والخُنافسِ والعُثِّ، تَجِدُ طَعامًا ومَأوًى لَها خَلْفَ الجُدُرانِ وتَحْتَ الأَرْضِيَّاتِ وفي الخَزائِنِ. وتعيشُ الفُرنانُ والجِرذانُ في مِصارِفِ المِياهِ والمِجاريرِ.

الثعلب الأحمر

الثعلبُ الأحمرُ الذكيُّ (فَلِيسْ فُلِيسْ) تَكَيَّفَ جَيِّدًا لِلعِيشِ في المُدُنِ. فهو مُتنوِّعُ القُوَّةِ يَأْكُلُ كُلَّ شَيْءٍ قَريبًا، وكثيرًا ما يَغْزُو صناديقَ النُفاياتِ بَحْثًا عَنِ فَضلاتِ طَعامِ البَشَرِ.

الأوبوسومات

تَخْتَلِفُ أنواعُ الحيواناتِ التي تعيشُ في المُدُنِ باختِلافِ المَواقِعِ الجِغرافيَّةِ والظُرُوفِ المُناخيَّةِ.

فالأوبوسومُ الفِرجونيُّ الدَّيْلُ (تريكوسورس فُلِيجيولا) قد تَكَيَّفَ جَيِّدًا لِعِيشِ المُدُنِ في أَسْتراليا. فهو في الحَياةِ البرِّيَّةِ يَأوِي عادةً إلى الجُحُورِ والكهوفِ وتجاويفِ الشَّجَرِ، لَكِنَّه في المُدُنِ تَعَلَّمَ أَنْ يَتَخَذَ لَهِ وَكُنًا في سَقُوفِ المِبانِي. وتعيشُ جالِياتُ مِنَ الأوبوسوماتِ في الحَدائِقِ العامَّةِ، وهي تَذْجُنُ أحيانًا بِحَيْثُ تَعْدُو أَلِفَةً تَتناولُ الطَعامَ مِنْ أَيْدِي النَاسِ.



الخُفَّاشُ الشَّائِعُ
(بَيْبِستَرْلُس)
بَيْبِستَرْلُس (يَبِيتُ في
زوايا عِلْيَةِ السَّقْفِ).

تُعشُّشُ الخُطاطِيفُ
(يَلِيكُونُ أَوْرِبِكا)
تَحْتَ طُتْفِ
السَّقُوفِ.

اللَّبَلابُ (هَدِيرا
هَلِكْس) يَتَسَلَّقُ
الجُدُرانَ مُتَعَلِّقًا
بِالجِجَارَةِ أو
الطُوبِ.

العِناكِبُ تُسْجُ شَبائِها
الشَّعْبِيَّةُ لاقِتِناصِ فِرائِسيها
مِنَ الحَشَراتِ.

الطُعامُ المَترُوكُ
خارجًا على مَواثِدِ
الطَيرِ يُساعِدُ الطُيورَ
والسَّنَاجِبِ على
العِيشِ خِلالَ الشِّتاءِ.

قد يُجْعَلُ قِسمٌ مِنَ الحَديقَةِ
مَلاذًا طَبيعيًّا لِلحَياةِ البرِّيَّةِ -
تَنمُو فِيهِ أَعْشابٌ طَويِلَةٌ
وحِشائِشٌ، وتَتراكُمُ فِيهِ
كُوماتُ الدَّمَنِ والجُذُوعِ
المُتَعَطِّنةِ مِمَّا يُوفِّرُ لِلْكَائِناتِ
البرِّيَّةِ الغِذاءَ والمَأوًى.

تَتَخَذُ النُّحُلُ
كُؤارَةً في
تَجويفِ جِداريٍّ
أو في أَصيصِ
أَزْهارٍ قَدِيمِ.

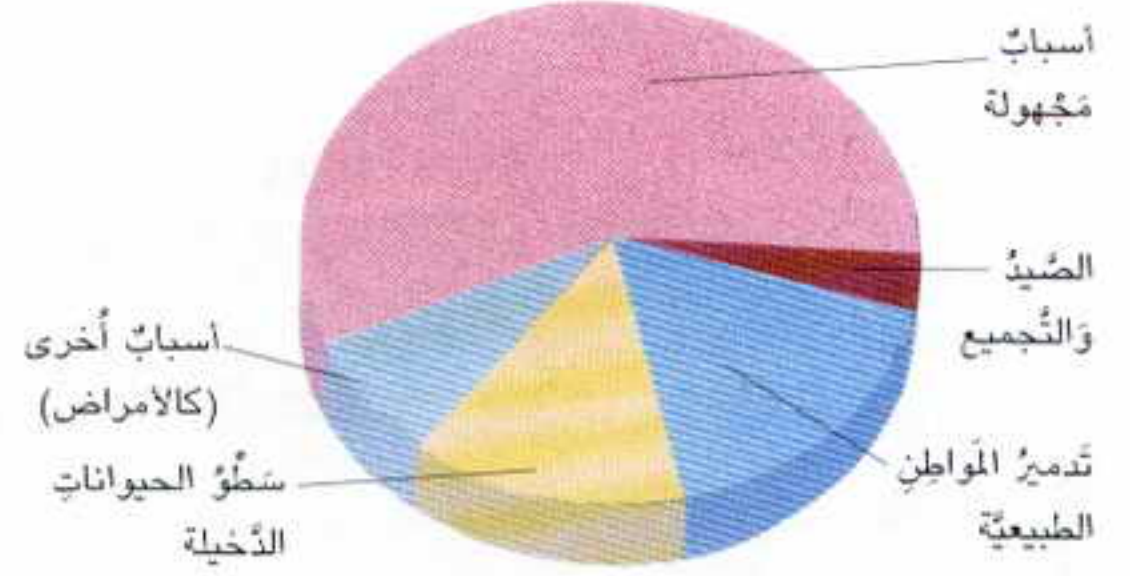
تَخْتَبِئُ العِلاجِيزُ
الشَّائِعَةُ (بُوفُو بُوفُو)
تَحْتَ الجِجَارَةِ نَهارًا،
وتَخْرُجُ ليلًا لِتَصيْدِ الدِيدانِ
والقَواقيعِ وخَميرِ القَبَّانِ.

لمزيد من المعلومات انظر

المُناخ ص ٢٤٤
البَشَرُ وَكوكِبُهُم ص ٣٧٤
الْفَضلاتُ وإِعادةُ تَدويرِها ص ٣٧٦
العِشْرَةُ والتَّعايشُ ص ٣٧٩
حَقائِقُ ومَعلُوماتُ ص ٤٢٤

الحياة البرية في خطر

مئات الملايين من أنواع النباتات والحيوانات التي ظهرت منذ بدء الحياة على الأرض قد انقرضت؛ والبعض منها قد اندثر نتيجة لعمليات التطور والعوامل الطبيعية. لكن الإنسان، في الـ ٣٠٠ سنة الأخيرة، سرّع عملية الانقراض أكثر من ١٠٠٠ مرة بتدمير المواطن الطبيعية وتلويث البيئة وصيد مختلف الأنواع وتجميعها. ومن العسير احتساب سرعة انقراض الأنواع هذه بدقة حاليًا، لكن بعض الخبراء يُقدرونها بحوالي ١٠٠ نوع يوميًا - أي نوعًا كُلُّ رُبْع ساعة. ويُقدرون أن ما يُقارب المليون نوع مُهدّد بالانقراض خلال الـ ٢٠ سنة القادمة ما لم تُتخذ الآن إجراءات حاسمة لتفادي ذلك.



أسباب الانقراض

الأسباب الحقيقية لانقراض الكثير من أنواع الحيوان لا تزال مجهولة، لكن المخطط البياني الدائري أعلاه، يُبين أن تدمير المواطن الطبيعية والحيوانات المجلوبة الدخيلة هما سببان رئيسيان لذلك. كذلك فإن الصيد وتجميع الهواة مسؤولان أيضًا عن اختفاء العديد من الحيوانات.

المناطق الرطبة البكر (التي لم تعمل فيها يد الإنسان)، كالمستنقعات والسبخات، هي مواطن طبيعية غنية للحياة البرية، بخاصة للحشرات والأسماك والطيور.

أسباب تدمير المناطق الرطبة تشمل: التجفيف والطمس (لإنشاء المزارع والمدن والموانئ والمصانع)، والتلوث وتعدين الحثّ والوقد والمعادن، وقطع الأشجار للخشب.

أبو منجل القمرزي (بودوسيئس روبر)



بورتوريكو: ٣٤ نوعًا
ماليزيا: ٩ أنواع
ترينيداد وتوباغو: ٨ أنواع
الولايات المتحدة الأمريكية: ٥ أنواع
فنزويلا: ٣ أنواع
سيشل: نوعان

طيور في خطر

مستنقعات القرام (المنغروفية) هي ضروب من المناطق الرطبة على الشواطئ المدارية. والطيور بخاصة، هي الأكثر تعرضًا للخطر جراء تدمير تلك المستنقعات. ويبيّن المخطط أعلاه العدد المُقدّر لأنواع الطيور المُهدّدة بالانقراض في المستنقعات المنغروفية حول العالم اليوم.

نباتات في خطر

يُقدّر الخبراء أن قرابة رُبْع الأنواع النباتية في العالم مُهدّد بالانقراض نتيجة لتدمير مواطنها الطبيعية؛ أو تسويقها. فنبات السيف الفضّي (أرجيروزلفرم كاوس) هذا في هاواي، مُهدّد بالانقراض لإدخال الماعز التي تأكله؛ ولإقبال هواة تجميع النباتات على اقتنائه.



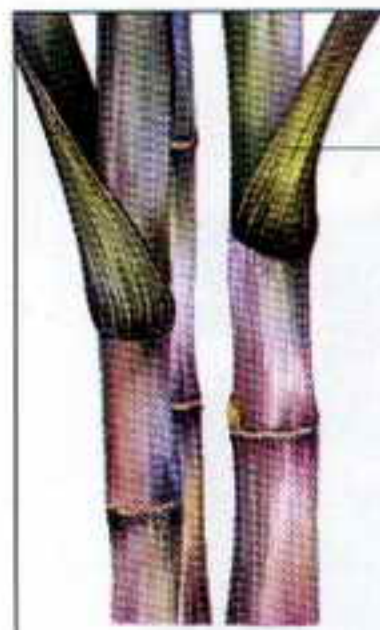
تدمير المناطق الرطبة

المناطق الرطبة هي إحدى الأنظمة البيئية الأكثر تعرضًا للتهديد في العالم؛ وقد تمّ تدمير أكثر من نصفها بالفعل. لقد زال بعضها بأسباب طبيعية كارتفاع مستوى سطح البحر أو الجفاف أو العواصف الهوجاء؛ لكن الكثير منها دُمّر بفعل الإنسان. إن تجفيف هذه المناطق يجعل التحكم بالحشرات والفيضانات ممكنًا - فتصبح أكثر أمانًا ليعيش الناس في الجوار. لكن ذلك يترك الحياة البرية دونما مكان تلجأ إليه.

البندا النادر

يعيش البندا الضخم (أيلورويدا ملانوليوكا) في غابات الخيزران في الجنوب الغربي من الصين. لكن معظم حراج الخيزران قد اجثت وحل محلها القري وحقول الأرز. ويُعتقد أن عدد البندات الضخمة الباقية هو بين ٣٠٠ و ٤٠٠ فقط - تعيش في غابات صغيرة من الخيزران تفصل بينها أراضي زراعية.





محاصيل قصب السكر
الأسترالية تتلفها آفات
كخنائس القصب.



الفئران بطبيعتها آفة للمزارعين،
لكنها لم تكن الفرائس المقصودة
عندما جلبت علاجي القصب إلى
كوينزلاند.



الضفادع المحلية
(الأصلية) ليست آفة
لمزارعي قصب السكر.

خنفسة القصب

(درغوليدا البوهيرتوم)
تأكل قصب السكر.



غلووم القصب يأكل
خنائس القصب
وحشرات أخرى.

غلووم القصب يأكل الفئران
والقوارض الصغيرة الأخرى.

غلووم القصب يأكل
الورغ وعظايا أخرى.



العظايا والورغ خليفة
المزارعين ضد الحشرات.



أدخل غلووم القصب
(بوفو مارينوس) إلى
الشبكة الغذائية.



جورج شالر

البحوث التي أجراها
عالم الحيوان الأمريكي
الدكتور جورج شالر
(١٩٣٣ -)، ساعدت

العلماء في استنباط أساليب
لحماية البيئة. فقد درس شالر

سلوك كثير من الحيوانات في موطنها

البرية - كالبناد في الصين، والغوريلا

والأسود في إفريقيا، والأورانغوتان في سارواك،

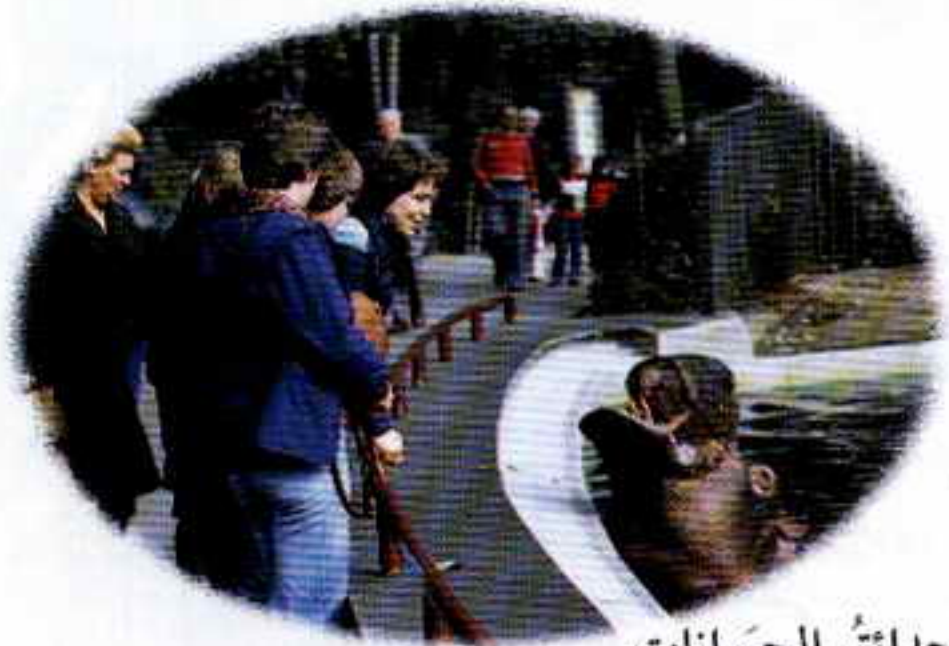
والبيور والنمور في الهند. ومن كتبه العديدة:

«الليل والليل»، و«عام الغوريلا».

استجلاب الأنواع

في العام ١٩٣٥، أدخل نوع من العلاجي
الأمريكي إلى منطقة كوينزلاند في أستراليا -
كعدو طبيعي للخنائس المدمرة لقصب السكر.
لكن العلاجي لم تكتف بقنص الخنائس بل
راح تاكل كائنات عديدة أخرى. ولانعدام
المفترسات الطبيعية للعلاجي، فقد تكاثرت
بأعداد ضخمة غدت تدمر الحياة البرية
الأسترالية الأصلية.

لا يوجد عدد كاف من
مفترسات علاجي القصب
للحد من تكاثرها - فلا
تقيضها إلا الجباب من
الطيور أو الخيائ
أحياناً.



حداق الحيوانات

دأب الناس منذ القدم على اصطياد الحيوانات البرية وعرضها في
حداق ومتنزهات. الكثير من هذه الحيوانات كان نادراً؛ وقد غدا
يتنافس الحداق على اقتنائه مهدداً بالانقراض. وتقوم معظم
حداق الحيوان اليوم باستيراد حيواناتها؛ كما يقوم بعضها
باستيراد حيوانات برية نادرة - كالمهاة العربية والنسناس الذهبي
والذئب الأحمر - ثم إعادة تسريحها في موطنها البرية.

لمزيد من المعلومات انظر

- دورات في الغلاف الحيوي ص ٣٧٢
- البشر وكوكبهم ص ٣٧٤
- الفضلات وإعادة تدويرها ص ٣٧٦
- السلاسل والشبكات الغذائية ص ٣٧٧
- المناطق الرطبة ص ٣٨٩
- الحفاظ على البيئة الطبيعية ص ٤٠٠
- حقائق ومعلومات ص ٤٢٤



تجارة الجلود

الكثير من الحيوانات البرية لا تزال تُصطاد، وغالباً بصورة غير قانونية،
طلباً لقرانها أو قرونها أو أنيابها. فبعض الناس توافون لارتداء معاطف
من جلود السنوريات الكبيرة، كالفهود والنمور، ويبن الشكل البياني
أعلاه، مُجمل الصادرات العالمية من الجلود. وقد تناقصت هذه
الكميات كثيراً في الثمانينيات، لكن كثيراً من هذه السنوريات لا تزال
تواجه خطر الانقراض.

الفقمة الراهبة

الفقمة الراهبة (من نوع موناكس) هي بعض
أندر الفقمة في العالم. فالمستقي منها يقل عن
٥٠٠ في البحر الأبيض المتوسط و١٥٠٠ في
هاواي؛ وقد انقرض ما كان يعيش منها في
البحر الكاريبي. إن تلوث البحر، والصيد،
والمراكب السريعة، والطائرات قد أقلق راحة
الفقمة وأخلت بنظام تولدها.



الحفاظ على البيئة الطبيعية

فَرَّاشُ الخَلَنج البرُّقالية الرِّقْطاء (مَلِيكْتَا اِثَالِيَا)
- دُرْسَتْ اِحتِياجَاتُها الخاصَّة
واعِيدَتْ إلى الحِياة البرِّيَّة.



قُضاعَةُ البَحْرِ الجنوبي (انِهياريس
لوثرَا) - مَحْظُورٌ صَيْدُهُ ومُصانٌّ
في مَحْمِيَّاتِ الحِياة البرِّيَّة.



إوْرَةُ هاواي (برانتَا
سانْدْفِيسِنْسِز) اسْتُولِدَتْ
في الأَشْر، ثُمَّ أُعِيدَتْ لِلحِياة
البرِّيَّة.



الكُوَالا
(فاسْكولا رُكْتُس)
سَيِّئُ الرِّيَوس) مَحْظُورٌ
صَيْدُهُ ومُصانٌّ في مَحْمِيَّاتِ
الحِياة البرِّيَّة.



الدَّبُّبُ الأحمر (كانيس روفوس)
- اسْتُولِدَ في حَدائِقِ الحيوان
وأُعِيدَ إلى الحِياة البرِّيَّة.



الحوت الرمادي (إسكربتوس)
رُوبِنْسُونِ) - صَيْدُهُ مَحْظُورٌ.



البِيزُونُ الأوروبي (بِيزُون
بُوناسِس) مَحْمِيٌّ في المَحْمِيَّاتِ
الطَبِيعِيَّةِ بِبُولَنْدَا.



الدَّبُّبُ القُطْبِي (ثالارُكْتُس ماريتيموس)
= موطنُهُ البَيْئَةُ مَحْمِيَّةٌ وصَيْدُهُ مَحْظُورٌ.

المِهَادَةُ العربيَّة
(أوريكس ليوكوريكس)
اسْتُولِدَتْ في حَدائِقِ
الحيوان وأُعِيدَتْ إلى
الحِياة البرِّيَّة.



أَيْلُ الأَب داوود (إلافوروس
دافيدنس) - أُعِيدَ من
مَحْمِيَّاتِ في الغَرْب إلى الحِياة
البرِّيَّة في الصِّين.



الرُّنْبَقُ الفَرَجُونِي النُّبُورِيلَنْدِي
(زيرونيا كلستيمون) - مَحْمِيٌّ في
مَحْمِيَّاتِ جُرْزِيَّة.

البَبْرُ (بانثيرا تيجريس)
- مَحْظُورٌ صَيْدُهُ
ومَحْمِيٌّ في
مَحْمِيَّاتِ.



بَحْظَرُ الصَّيْدِ، وَحِمَايَةُ المَوَاطِنِ البَيْئَةِ، وإِقَامَةُ المَحْمِيَّاتِ الطَبِيعِيَّةِ، وتَخْفِيفُ
التَّلَوُّثِ، يُمَكِّنُ إنْقَاذَ العَدِيدِ من أَنْواعِ الحيوانَاتِ والنباتاتِ النَادِرَةِ. لَقَدْ بَدَأَ النَّاسُ يُدْرِكُونَ
أَهْمِيَّةَ إنْقَاذِ الحِياة البرِّيَّةِ من الانْقِرَاضِ. فَالْمُنْظَمَاتُ العَالَمِيَّةُ، كَالصَنْدُوقِ المَالِيِّ العَالَمِيِّ
لِلطَبِيعَةِ، وَالاتِّحَادُ الدُّوْلِيُّ لِلْحِفَاظِ عَلَى الطَبِيعَةِ والمواردِ الطَبِيعِيَّةِ،
جَعَلَتِ النَّاسَ يَعُونُ مَسَاكِلَ البَيْئَةِ، وَحَفَظَتْهُمْ عَلَى جَمْعِ المَالِ
لِحِمَايَةِ الأنواعِ المُخْتَلِفَةِ والحِفَاظِ عَلَى مَوَاطِنِها الطَبِيعِيَّةِ.
وَالأَحْيَاءُ البرِّيَّةُ المُبَيَّنَةُ عَلَى جَوَانِبِ هَذِهِ الصَّفْحَةِ
هِيَ بَعْضُ الكائِنَاتِ الَّتِي تَمَّ إنْقَاذُهَا.

اجْتِمَاعُ القِمَّةِ لَشُؤُونِ البَيْئَةِ

فِي العَامِ ١٩٩٢، انْعَقَدَ فِي رِيو دي جَانِيرُو،
بِالْبِرَازِيلِ، مُؤْتَمَرٌ حَوْلَ البَيْئَةِ، تَمَثَّلَتْ فِيهِ حُكُومَاتُ
مُعْظَمِ دُولِ العَالَمِ. وَتَدَارَسَ المَنْدُوبُونَ وَسَائِلُ إنْقَاذِ
كَوْكَبِنَا. وَقَدْ نُصِبَ فِي رِيو دي جَانِيرُو «شَجَرَةُ حَيَاةٍ»
أُلْصِقَتْ عَلَيْهَا أَوْرَاقٌ كُتِبَ عَلَيْهَا مَا وَعَدَ النَّاسُ بِفَعْلِهِ،
وَمَا يَعْتَقِدُونَ أَنَّ عَلَى الحُكُومَاتِ القيامَ بِهِ.

كَيْفَ يُمْكِنُكَ المُسَاعَدَةُ

كُلُّ فَرْدٍ مِنَّا يَسْتَطِيعُ الإِسْهَامَ فِي الحِفَاظِ
عَلَى البَيْئَةِ والحِياة البرِّيَّةِ. فَأَنْتَ مِثْلًا
تَسْتَطِيعُ جَمْعَ الوَرَقِ وَالْعَلَبِ والقَنَانِي
الفَارِغَةِ لِإِعَادَةِ تَدْوِيرِهَا. فَذَلِكَ يُسَاعِدُ فِي
خَفْضِ عَدَدِ الأشجارِ المُقْتَطَعَةِ، وَالحَدِّ
من حَفَرِيَّاتِ التَّعْدِينِ تَحْتَ المَوَاطِنِ
الطَبِيعِيَّةِ النَادِرَةِ. كَذَلِكَ، يُمْكِنُكَ التَّوَقُّفُ
عَنْ شِرَاءِ الأشياءِ المَصْنُوعَةِ من حَيَوانَاتٍ
أَوْ نَبَاتَاتٍ نَادِرَةٍ، وَاجْتِنَابِ العُبُوثِ وَمَوَادِّ
التَّغْلِيفِ الَّتِي لَا يُمْكِنُ إِعَادَةُ تَدْوِيرِهَا.



رَمَزُ إِعَادَةِ
التَّدْوِيرِ

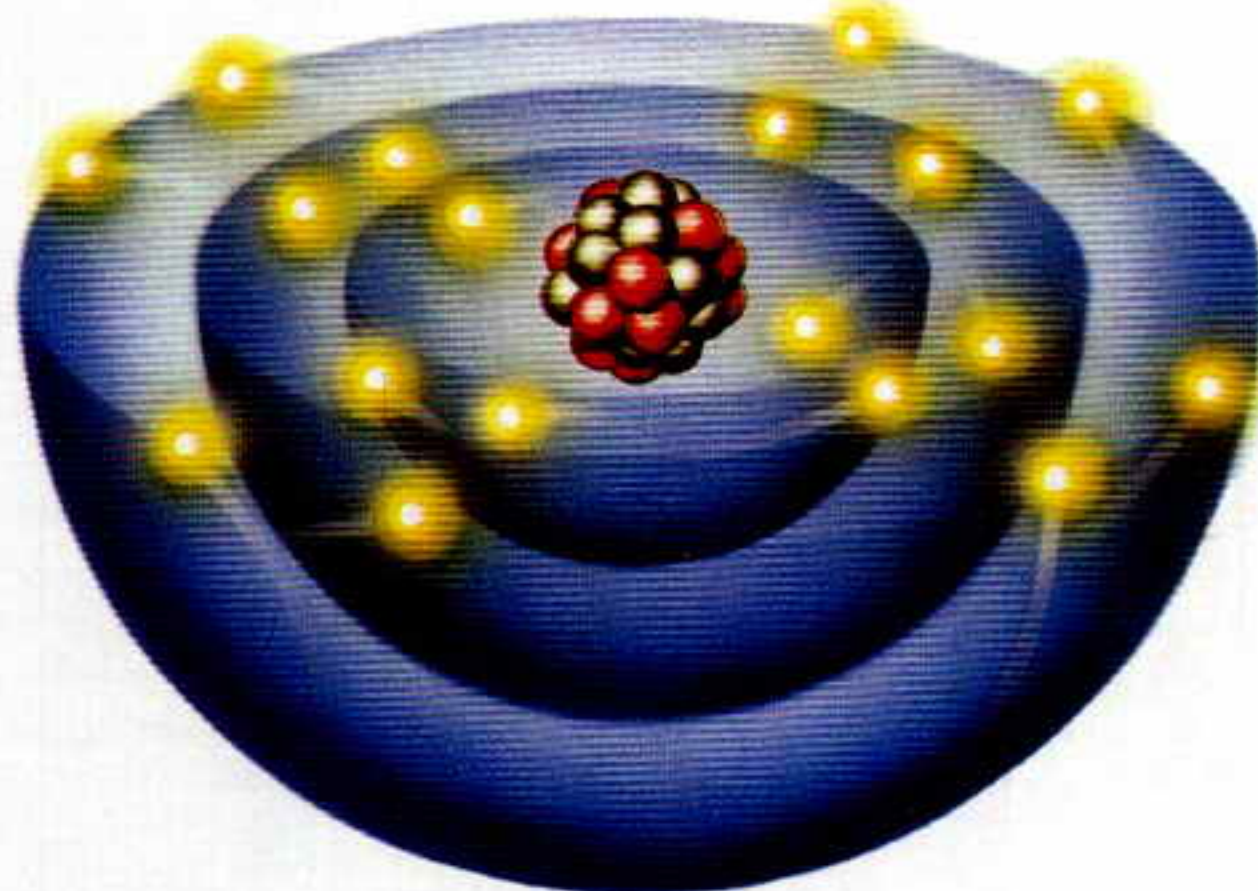
لِزِيدِ مِنَ المَعْلُومَاتِ انْظُرْ

- الْغِلَافُ الحَيَوِيُّ ص ٣٧٠
- دَوْرَاتُ فِي الْغِلَافِ الحَيَوِيِّ ص ٣٧٢
- البَشَرُ وَكَوْكَبُهُمْ ص ٣٧٤
- الْفَضْلَاتُ وَإِعَادَةُ تَدْوِيرِهَا ص ٣٧٦
- الحِياة البرِّيَّةُ فِي خَطَرٍ ص ٣٩٨
- حَقَائِقُ وَمَعْلُومَاتُ ص ٤٢٤

حَقَائِقُ وَمَعْلُومَات

يَحْوِي هَذَا الْقِسْمُ مُخَطَّطَاتٍ وَخَرَائِظَ وَجَدَاوِلَ حَافِلَةً بِالْمَعْلُومَاتِ وَالْإِحْصَائِيَّاتِ الْعِلْمِيَّةِ الْمُهِمَّةِ. وَمَوَادُّ هَذَا الْقِسْمِ مُرَتَّبَةٌ أَلْفَبَائِيًّا فِي هَذَا الْفَهْرِيسِ الْمَوْجَزِ لِتَسْهِيلِ الرَّجُوعِ إِلَيْهَا - عِلْمًا أَنَّ الْفَهْرِيسَ الْعَامَ ص ٤٣٤ جَامِعٌ شَامِلٌ لِمَخْتَلِفِ مَوَادِّ الْمَوْسُوعَةِ.

الصفحة	الموضوع	الصفحة	الموضوع
٤٠٨	- الْقُوَّةُ وَ ~ (مُعَادَلَاتُ الْعِلَاقَةِ بَيْنَهُمَا)	٤٠٥	أَجْهَزَةٌ مُخْتَبِرِيَّةٌ (أَوْ مُخْبِرِيَّةٌ)
٤٠٩	- الْمَوَارِدُ الطَّاقِيَّةُ الْمُتَغَيِّرَةُ	٤١٦	الْأَرْضَادُ الْجَوِّيَّةُ - أَحْوَالُ جَوِّيَّةِ قُصُورِ
٤١٦	الطِّقْسُ (مَعْلُومَاتُ عَامَّة)	٤١٧	- مَرَاكِزُ رُضْدِ الطِّقْسِ الرَّئِيسِيَّةِ
٤١٢	الطَّلِيثُ الْكَهْرِمَقْتَلِيسِي	٤١٧	- مَنَاحَاتُ الْمَدَنِ الْعَالَمِيَّةِ الْكُبْرَى
٤٠٣، ٤٠٢	الْعَنَاصِرُ - الْجَدْوُلُ الدَّوْرِيُّ لِـ ~	٤١٦	- الْمُنَظَّمَةُ الْعَالَمِيَّةُ لِـ ~
	الْغَازُ - إِخْتِبَارَاتُ تَعْرِيفِ ~ (الْهَيْدْرُوجِينُ،	٤١٤	الْأَرْضُ - تَرْكِيبُ ~
٤٠٤	الْأَكْسِجِينُ وَثَانِي أَكْسِيدُ الْكَرْبُونِ)	٤١٤	- حَقَائِقُ جِيُولُوجِيَّةِ
٤٠٤	- تَجْمِيعُ ~	٤٢٣	الْإِسْتِقْلَابُ - مُعَدَّلَاتُ ~
٤٠٤	- قَوَانِينُ ~		الْأَلْكَانَاتُ وَالْأَلْكِينَاتُ (الْهَيْدْرُوكَرْبُونَاتُ الدَّهْنِيَّةُ
٤١٨	الْفَضَاءُ - مَعْلُومَاتُ فَلَكَيَّةِ	٤٠٦	الْمُشْبَعَةُ وَغَيْرُ الْمُشْبَعَةِ)
٤٢٣	الْفِيثَامِينَاتُ	٤٢٥	إِنْقِرَاضُ الْأَنْوَاعِ - مُعَدَّلَاتُهُ وَالْأَنْوَاعُ الْمُهْدَدَةُ بِهِ
٤٠٨	الْقُوَّةُ وَالطَّاقَةُ	٤١٣	الْإِنْكِسَارُ - مُعَايِلُ ~
	الْقِيَاسُ - وَحْدَاتُ ~ (فِي النِّظَامَيْنِ الْمَيْتْرِيِّ	٤٠٦	الْإِلِشِينُ - إِسْتِخْدَامَاتُ ~
٤٠٩	وَالْإِمْبِرَاطُورِيِّ) وَتَحْوِيلَاتُهَا	٤٢٣	الْأَبْيَضُ (أَنْظَرُ: الْإِسْتِقْلَابُ)
٤٢٠	الْكَائِنَاتُ الْحَيَّةُ - تَصْنِيفُهَا	٤٠٨	يَلْمُسُولُ - خَطُّ ~
٤٢٣	- دَرَجَةُ حَرَارَةِ أَجْسَامِهَا	٤٢٥، ٤٢٤	الْبَيْبِيَّاتُ
٤٢٢	- مَدَى الْأَعْمَارِ وَقُرَاتُ الْحَمْلِ	٤١٣	التَّرْدُدُ - مَدَى ~ (لِلْآلَاتِ مُوسِيقِيَّةِ)
٤٠٦	كَرْبُونَاتُ الصُّودِيُومِ	٤١١	التَّرْمِيزُ الثَّنَائِي - نِظَامُ ~
	الْكَهْرِبَاءُ وَالْمِغْنَطِيسِيَّةُ - وَحْدَاتُهَا الدَّوْلِيَّةُ وَرَمُوزُهَا	٤١٢	التَّعْرِيفُ الْفُوتُوغْرَافِي
٤١٠	وَمُعَادَلَاتُهَا	٤٠٥	التَّنَاقُلِيَّةُ - سِلْسِلَةُ ~
٤١١	- الرَّمُوزُ الْكَهْرِبِيَّةُ وَالْإِلِكْتَرُونِيَّةُ	٤٢٤	التَّلَوُّثُ
٤١٠	- الْمُقَاوِمَاتُ الْكَهْرِبِيَّةُ	٤١٤	جَدْوُلُ الْأَزْمِنَةِ الْجِيُولُوجِيَّةِ
٤١٨	الْكَوَاكِبُ السَّيَّارَةُ	٤٠٣، ٤٠٢	الْجَدْوُلُ الدَّوْرِيُّ لِلْعَنَاصِرِ
٤١٩	الْكُوكَبَاتُ (الصُّورُ الْفَلَكَيَّةُ)	٤٢١	الْحَيَوَانَاتُ (الْإِلَاقَارِيَّةُ وَالْفَقَارِيَّةُ)
٤٠٤	الْلَوَاقِقُ - السُّوَابِقُ وَ~ (الْكِيمِيَايَّةُ)	٤٢٥	- هِجْرَةُ ~
٤٠٣	الْمَادَّةُ - اِضْمِحْلَالُ ~ (بِالْإِشْعَاعِ)	٤١٤	خُطُوطُ الطُّولِ وَالْعَرْضِ
	- الْمَوَادُّ الْأَوَّلِيَّةُ: تَوَزُّعُهَا فِي الْعَالَمِ،	٤٠٨	دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ - مَقَايِيسُ ~ (التَّرْمُومِتْرَاتُ)
٤٠٧	إِسْتِخْدَامَاتُهَا وَمُتَبَجِّجُهَا الرَّئِيسِيُّونَ	٤١٨	الرُّجْمُ (الْكُنْتُلُ النِّيزِكِيَّةُ) الْكُبْرَى
٤١٠	الْمُقَاوِمَاتُ الْكَهْرِبِيَّةُ	٤١٧	رُمُوزُ خَرَائِظِ الطِّقْسِ وَقِرَاءَاتُهَا
٤٠٨	مِقْيَاسُ - مَقَايِيسُ دَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ	٤٠٤	السُّوَابِقُ وَالْلَوَاقِقُ (الْكِيمِيَايَّةُ)
٤١٥	- ~ مُؤَهِّزُ لِلصَّلَادَةِ	٤١٨	الشَّمْسُ
٤١١	مُوزَسُ - شَفْرَةُ ~	٤١٥	الصُّخُورُ - ~ الشَّائِعَةُ
٤٢٠	النَّبَاتَاتُ (الْمُزْهِرَةُ وَاللَّازْهَرِيَّةُ)	٤١٥	- ذُورَةُ ~
٤١٨	النُّجُومُ الْأَشَدُّ نُصُوعًا	٤١٥	الصَّلَادَةُ - مِقْيَاسُ مُؤَهِّزِ لِـ ~
٤٢٤	النَّمُو السُّكَّانِي الْعَالَمِي	٤١٢	الصَّوْتُ وَالضَّوْءُ (كَحَرَكَةٍ مُوجِيَّةِ)
٤٢٥	هِجْرَةُ الْحَيَوَانَاتِ - مَسَالِكُهَا وَمَدَاهَا	٤١٢	- الْمُعَادَلَةُ الْمَوْجِيَّةُ (لِـ ~ وَ ~)
		٤٠٨	الطَّاقَةُ - الْإِسْتِهْلَاكُ الطَّاقِي الْيَوْمِي لِلْفَرْدِ



المادة

الجدول الدوري للعناصر

لقد رُتبت العناصر الكيماوية في هذا الجدول ترتيباً تصاعدياً تبعاً لأعدادها الذرية، كما هي الحال في الجدول الدوري التقليدي. والكتلة الذرية النسبية المعتمدة للعنصر هي للنظير الأكثر شيوعاً، أو النظير الأكثر استقراراً في حال

العناصر المشعة. وحيث تغيب المعطيات للعنصر، فهو قصير العمر جداً والكميات التي حُضرت منه ضئيلة جداً يتعذر تحديد خواصه. أنظر ص ٢٢، ٢٤، ٣١، ٣٢.

الوصف الطبيعي	تاريخ الاكتشاف	التكافؤ	نقطة الغليان س°	نقطة الانصهار س°	الكتلة الذرية النسبية	الرمز	العنصر	العدد الذري
غاز عديم اللون	١٧٦٦	١	٢٥٣-	٢٥٩-	١	هـ	الهيدروجين	١
غاز عديم اللون	٩٥/١٨٦٨	٠	٢٦٩-	٢٧٢-	٤	هي	الهيليوم	٢
فلز أبيض فضي	١٨١٧	١	١٣١٧	١٧٩	٧	لت	الليثيوم	٣
فلز رمادي	١٧٩٨	٢	٢٤٨٧	١٢٨٣	٩	بي	البريليوم	٤
مسحوق بني داكن	١٨٠٨	٣	٢٥٥٠	٢٢٠٠	١١	ب	البورون	٥
		٤,٢			١٢	ك	الكربون	٦
جامد أسود	قديم		٣٩٠٠	٣٥٠٠			~ الغرافيت	
جامد عديم اللون	قديم		٤٨٢٧	٣٥٠٠			~ الماس	
غاز عديم اللون	١٨٨٥	٥,٣	١٩٦-	٢١٠-	١٤	ن	النيتروجين	٧
غاز عديم اللون	١٧٧٢	٢	١٨٣-	٢١٩-	١٦	أ	الأوكسجين	٨
غاز أصفر مخضر باهت	١٨٨٦	١	١٨٨-	٢٢٠-	١٩	فل	الفلور	٩
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	٢٤٦-	٢٤٩-	٢٠	نن	النيون	١٠
فلز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٨٩٠	٩٨	٢٣	ص	الصوديوم	١١
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١١٠٥	٦٥٠	٢٤	مغ	المغنسيوم	١٢
فلز فضي	١٨٢٥	٣	٢٤٦٧	٦٦٠	٢٧	لم	الألمنيوم	١٣
جامد رمادي داكن	١٨٢٤	٤	٢٣٥٥	١٤٢٠	٢٨	س	السيليكون	١٤
	١٦٦٩	٥,٣			٣١	فو	الفوسفور	١٥
جامد شمعي	قديم	٦,٤,٢	٢٨٠	٤٤			~ الأبيض	
جامد أصفر			٤٤٥	١١٩	٣٢	كب	الكبريت	١٦
غاز أخضر مصفر	١٧٧٤	٧,٥,٣,١	٣٤-	١٠١-	٣٥	كل	الكلور	١٧
غاز عديم اللون	١٨٩٤	٠	١٨٦-	١٨٩-	٤٠	غو	الأرجون	١٨
فلز أبيض فضي	١٨٠٧	١	٧٥٤	٦٤	٣٩	بو	البوتاشيوم	١٩
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٤٨٧	٨٤٨	٤٠	كا	الكالسيوم	٢٠
فلز فضي	١٨٧٩	٣	٢٨٣١	١٥٤١	٤٥	سك	السكانديوم	٢١
فلز فضي	١٧٩٥	٤,٣	٣٢٧٧	١٦٧٧	٤٨	ت	التيتانيوم	٢٢
فلز رمادي فضي	١٨٠١	٥,٤,٣,٢	٣٢٧٧	١٩١٧	٥١	فن	الفاناديوم	٢٣
فلز فضي	١٧٩٧	٦,٣,٢	٢٦٤٢	١٩٠٣	٥٢	كر	الكروم	٢٤
فلز أبيض مخضر	١٧٧٤	٧,٦,٤,٣,٢	٢٠٤١	١٢٤٤	٥٥	من	المنغنيز	٢٥
فلز أبيض فضي	قديم	٣,٢	٢٨٨٧	١٥٣٩	٥٦	ح	الحديد	٢٦
فلز أبيض مخضر	١٧٣٥	٣,٢	٢٨٧٧	١٤٩٥	٥٩	كو	الكوبلت	٢٧
فلز أبيض فضي	١٧٥١	٣,٢	٢٨٢٧	١٤٥٥	٥٨	ني	النيكل	٢٨
فلز قرنفلي	قديم	٢,١	٢٥٨٢	١٠٨٣	٦٣	نح	النحاس	٢٩
فلز أبيض مزرق	١٧٤٦	٢	٩٠٧	٤٢٠	٦٤	خ	الزئبق	٣٠
فلز رمادي	١٨٧٥	٣,٢	٢٤٠٣	٣٠	٦٩	جا	الجالنيوم	٣١
فلز أبيض رمادي	١٨٨٦	٤	٢٣٥٥	٩٣٧	٧٤	جر	الجرمانيوم	٣٢
جامد رمادي فولاني	١٢٥٠	٥,٣	٦١٢	٨١٧	٧٥	ز	الزرنين	٣٣
جامد رمادي	١٨١٧	٦,٤,٢	٦٨٥	٢١٧	٨٠	سل	السليسيوم	٣٤
سائل بني محمر	١٨٢٦	٧,٥,٣,١	٥٩	٧-	٧٩	بر	البروم	٣٥
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	١٥٢-	١٥٧-	٨٤	كن	الكريبتون	٣٦
فلز أبيض فضي	١٨٦١	١	٦٨٨	٣٩	٨٥	بيد	الروبيديوم	٣٧
فلز أبيض فضي	١٨٠٨	٢	١٣٨٤	٧٦٩	٨٨	سر	السترونشيوم	٣٨
فلز رمادي فولاني	١٧٩٤	٣	٣٣٣٨	١٥٢٢	٨٩	يت	الإيتريوم	٣٩
فلز رمادي فولاني	١٧٨٩	٤	٤٣٧٧	١٨٥٢	٩٠	كز	الزركونيوم	٤٠
فلز رمادي	١٨٠١	٥,٣	٤٧٤٢	٢٤٦٧	٩٣	نپ	النيوبيوم	٤١
فلز فضي	١٧٧٨	٦,٥,٤,٣,٢	٥٥٦٠	٢٦١٠	٩٨	مو	الموليبدنوم	٤٢
فلز رمادي فضي	١٩٣٧	٧,٦,٤,٣,٢	٤٨٧٧	٢١٧٢	٩٧	تك	التكنيشيوم	٤٣
فلز أبيض مزرق	١٨٤٤	٨,٦,٤,٣	٣٩٠٠	٢٣١٠	١٠٢	ثن	الثوريوم	٤٤
فلز أزرق فولاني	١٨٠٣	٤,٣	٣٧٢٧	١٩٦٦	١٠٣	يم	اليوروبيوم	٤٥
فلز أبيض فضي	١٨٠٣	٤,٢	٢٩٧٠	١٥٥٤	١٠٦	لد	البلاديوم	٤٦
فلز أبيض شامع	قديم	١	٢٢١٢	٩٦٢	١٠٧	ف	الفضة	٤٧
فلز أبيض مزرق	١٨١٧	٢	٧٦٧	٣٢١	١١٤	كد	الكانديوم	٤٨
فلز فضي مزرق	١٨٦٣	٣,١	٢٠٠٠	١٥٦	١١٥	ند	الإنديوم	٤٩
فلز أبيض فضي	قديم	٤,٢	٢٢٧٠	٢٣٢	١٢٠	قي	القصدير	٥٠
فلز فضي	قديم	٥,٣	١٣٨٠	٦٣١	١٢١	نت	الأنثيمون	٥١
جامد رمادي فضي	١٧٨٢	٦,٤,٢	٩٩٠	٤٥٠	١٣٠	تل	التلوريوم	٥٢
جامد أسود أرجواني	١٨١١	٧,٥,٣,١	١٨٤	١١٤	١٢٧	ي	اليود	٥٣
غاز عديم اللون	١٨٩٨	٠	١٠٧-	١١٢-	١٣٢	نر	الزينون	٥٤

حقائق ومعلومات . المادة

العدد الذري	العنصر	الرمز	الكتلة الذرية النسبية	نقطة الانصهار س	نقطة الغليان س	التكافؤ	تاريخ الاكتشاف	الوصف الطبيعي
٥٥	السيريوم	سز	١٣٣	٢٩	٦٧١	١	١٨٦٠	فلز أبيض فضي
٥٦	الباريوم	با	١٣٨	٧٢٥	١٦٤٠	٢	١٨٠٨	فلز أبيض فضي
٥٧	اللانثانوم	لن	١٣٩	٩٤١	٣٤٥٧	٣	١٨٣٩	فلزي
٥٨	الستريوم	سي	١٤٠	٧٩٩	٣٤٢٦	٤,٣	١٨٠٣	جامد رمادي ناعم
٥٩	البراسيوديميوم	بس	١٤١	٩٣١	٣٥١٢	٣	١٨٨٥	فلز رمادي فولاذي
٦٠	النيوديميوم	مم	١٤٢	١٠٢١	٣٠٦٨	٣	١٨٨٥	فلز أبيض مصفر
٦١	البروميثيوم	بم	١٤٥	١١٦٨	٢٧٠٠	٣	١٩٤٧	فلزي
٦٢	الساماريوم	سم	١٥٢	١٠٧٧	١٧٩١	٣,٢	١٨٧٩	فلز رمادي فاتح
٦٣	الยูโรبيوم	يب	١٥٣	٨٢٢	١٥٩٧	٣,٢	١٨٩٦	فلز رمادي فولاذي
٦٤	الجادولينيوم	جد	١٥٨	١٣١٣	٣٢٦٦	٣	١٨٨٠	فلز أبيض فضي
٦٥	الترينيم	تب	١٥٩	١٣٥٦	٣١٢٣	٣	١٨٤٣	فلز فضي
٦٦	الديسپروسيوم	سب	١٦٤	١٤١٢	٢٥٦٢	٣	١٨٨٦	فلزي
٦٧	الهولميوم	هل	١٦٥	١٤٧٤	٢٦٩٥	٣	١٨٧٨-٩	فلز فضي
٦٨	الإربيوم	ير	١٦٨	١٥٢٩	٢٨٦٣	٣	١٨٤٣	فلز فضي رمادي
٦٩	التوليم	ثم	١٦٩	١٥٤٥	١٩٤٧	٣,٢	١٨٧٩	فلزي
٧٠	الايتربيوم	تر	١٧٤	٨١٩	١١٩٤	٣,٢	١٨٧٨	فلز فضي
٧١	اللوتشيوم	لو	١٧٥	١٦٦٣	٣٣٩٥	٣	١٩٠٧	فلزي
٧٢	الهفنيوم	هف	١٨٠	٢٢٢٧	٤٦٠٢	٤	١٩٢٣	فلز رمادي فولاذي
٧٣	التنتالوم	تا	١٨١	٢٩٩٦	٥٤٢٧	٥,٣	١٨٠٢	فلز فضي
٧٤	التنجستن	تن	١٨٤	٣٤١٠	٥٦٦٠	٦,٥,٤,٣	١٧٨٣	فلز رمادي
٧٥	الزركونيوم	نم	١٨٧	٣١٨٠	٥٦٢٧	٧,٤,١	١٩٢٥	فلز رمادي مبيض
٧٦	النيوبيوم	مز	١٩٢	٢٧٠٠	٥٢٩٧	٨,٦,٤,٣,٢	١٨٠٤	فلز أزرق رمادي
٧٧	الإيريديوم	يد	١٩٢	٢٤١٠	٤١٣٠	٤,٣	١٨٠٤	فلز أبيض فضي
٧٨	البلاتين	بت	١٩٥	١٧٧٢	٣٨٢٧	٤,٢	١٧٣٥	فلز أبيض مزرق
٧٩	الذهب	ز	١٩٧	١٠٦٤	٣٠٨٠	٣,١	قديم	فلز أصفر لامع
٨٠	الزئبق	بق	٢٠٢	٣٩٠	٣٥٧	٢,١	قديم	سائل فلزي فضي
٨١	الثاليوم	ثل	٢٠٥	٣٠٣	١٤٥٧	٣,١	١٨٦١	فلز رمادي مزرق
٨٢	الرصاص	صا	٢٠٨	٣٢٨	١٧٤٤	٤,٢	قديم	فلز أزرق فولاذي
٨٣	البرموت	بز	٢٠٩	٢٧١	١٥٦٠	٥,٣	١٤٥٠	فلز فضي مخمّر
٨٤	الثوريوم	بين	٢٠٩	٢٥٤	٩٦٢	٤,٣,٢	١٨٩٨	فلزي
٨٥	الاشتاتين	ست	٢١٠	٣٠٠	٣٧٠	٧,٥,٣,١	١٩٤٠	فلزي
٨٦	الرادون	ر	٢٢٢	٧١	٦٢	٠	١٩٠٠	غاز عديم اللون
٨٧	الفرانسيوم	فر	٢٢٣	٢٧	٦٧٧	١	١٩٣٩	فلزي
٨٨	الرااديوم	د	٢٢٦	٧٠٠	١٧٣٧	٢	١٨٩٨	فلز فضي
٨٩	الأكتيونيوم	كت	٢٢٧	١٠٥٠	٣٢٠٠	٣	١٨٩٩	فلزي
٩٠	الثوريوم	ث	٢٣٢	١٧٥٠	٤٧٨٧	٤	١٨٢٨	فلز رمادي
٩١	البروتكتينيوم	بكت	٢٣١	١٥٩٧	٤٠٢٧	٥,٤	١٩١٧	فلز فضي
٩٢	اليورانيوم	يو	٢٣٨	١١٣٢	٣٨١٨	٦,٥,٤,٣	١٧٨٩	فلز أبيض مزرق
٩٣	الثيمونيوم	تو	٢٣٧	٦٣٧	٤٠٩٠	٦,٥,٤,٣,٢	١٩٤٠	فلز فضي
٩٤	البلوتونيوم	بل	٢٤٤	٦٤٠	٣٣٣٠	٦,٥,٤,٣,٢	١٩٤٠	فلز فضي
٩٥	الأمريشيوم	مر	٢٤٣	٩٩٤	٢٦٠٧	٦,٥,٤,٣,٢	١٩٤٤	فلز أبيض فضي
٩٦	الكوريوم	كم	٢٤٧	١٣٤٠	٣١٩٠	٤,٣,٢	١٩٤٤	فلز فضي
٩٧	البركليريوم	بك	٢٤٧	١٠٥٠	٧١٠	٤,٣,٢	١٩٤٩	فلز فضي
٩٨	الكاليفورنيوم	كف	٢٥١	٩٠٠	١٤٧٠	٤,٣,٢	١٩٥٠	فلز فضي
٩٩	الأيستينيوم	ين	٢٥٤	٨٦٠	٩٩٦	٣,٢	١٩٥٢	فلز فضي
١٠٠	الفرميوم	فم	٢٥٧			٣,٢	١٩٥٢	فلزي
١٠١	المنذليوم	مد	٢٥٨			٣,٢	١٩٥٥	فلزي
١٠٢	النوبليوم	نو	٢٥٥			٣,٢	١٩٥٨	فلزي
١٠٣	اللوهرنيوم	لر	٢٥٦			٣	١٩٦١	فلزي
١٠٤	أثيلكناديوم	اك	٢٦٠				١٩٦٩	فلزي
١٠٥	أثيلينتيوم	انب	٢٦٢				١٩٧٠	فلزي
١٠٦	أثيلهستيوم	انه	٢٦٣				١٩٧٤	فلزي
١٠٧	أثيلسبتيوم	انس	٢٦٢				١٩٧٦	فلزي
١٠٨	أثيلوكتيوم	انو	٢٦٥				١٩٨٤	فلزي
١٠٩	أثيلينيوم	اني	٢٦٦				١٩٨٢	فلزي

اضمحلال المادة

تضمحل العناصر المشعة بمعدلات سرعية مختلفة. وتبقيت العناصر المختلفة أنواعاً مختلفة من الإشعاع عند اضمحلالها تشمل جسيمات ألفا وجسيمات بيتا وأشعة جاما. ويُدعى الزمن اللازم لاضمحلال نصف الكمية الأصلية للعنصر عمر النصف.

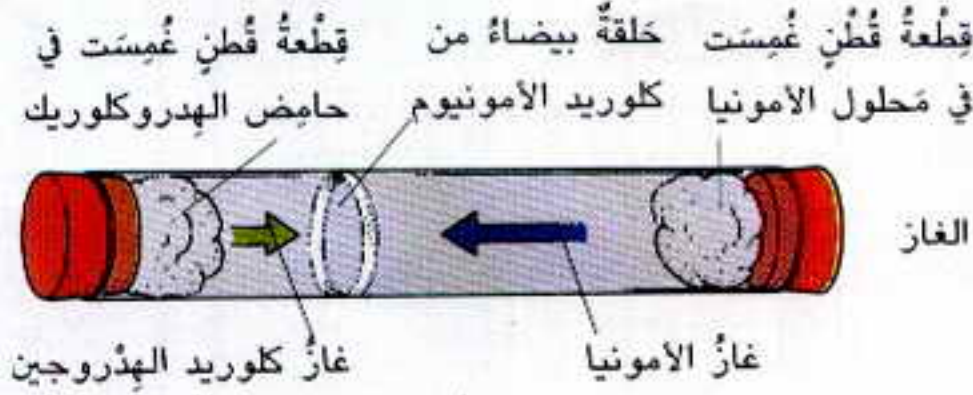
اليورانيوم ٢٣٨ ٤٥٠٠ مليون سنة	البلوتونيوم ٢٣٩ ٢٤٤٠٠ سنة	الكربون ١٤ ٥٧٠٠ سنة	الرااديوم ٢٢٦ ١٦٠٠ سنة	السترنتشيوم ٩٠ ٢٨ سنة	الهيدروجين ٣ ١٢,٣ سنة
الكوبالت ٦٠ ٥,٣ سنة	الفسفور ٣٢ ١٤,٣ يوم	اليود ١٣١ ٨,١ يوم	الرادون ٢٢٢ ٤ أيام	الرصاص ٢١٤ ٢٧ دقيقة	أثيلينيوم ١٠٥ ٣٢ ثانية

التفاعلات

قانون جريام (جراهام) في انتشار الغازات

سرعة انتشار الغاز تتناسب عكسيًا مع كثافته بثبوت الضغط ودرجة الحرارة. أي إن الغاز الأعلى كثافة أقل سرعة انتشار. وهكذا فإن الغازات الخفيفة الجزيئات تنتشر بسرعة أكبر من الغازات الثقيلة الجزيئات.

تتكون حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم حيث يلتقي الغازان. وحيث إن جزيئات الأمونيا أخف من جزيئات كلوريد الهيدروجين، فإنها تنتشر بسرعة أكبر - وتكون الحلقة البيضاء أقرب إلى الطرف الأيسر للأنبوب.



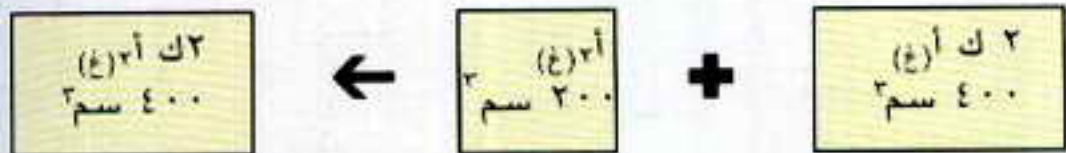
قانون أفوجادرو

الحجوم المتساوية من الغازات تحوي نفس العدد من الجزيئات في حال تساوي درجة حرارتها وضغطها.

وخذنا حجم من أول أكسيد الكربون (بالرغم من أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون) وخذنا حجم من غاز أول أكسيد الكربون تحوي نفس العدد من الجزيئات كوخدنا حجم من غاز ثاني أكسيد الكربون (بالرغم من أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون أثقل بكثير).

قانون جاي لوساك

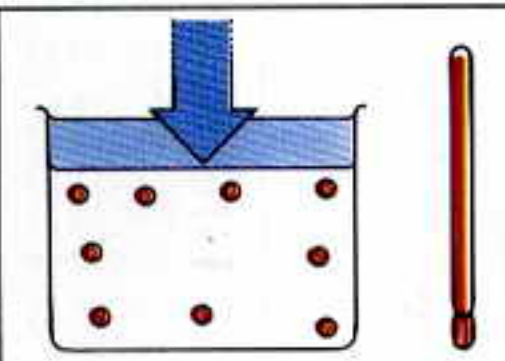
عندما تتفاعل الغازات لينتج غازات أخرى في درجة حرارة وضغط ثابتين، فإن نسبة أحجام المتفاعلات والمنتجات هي نسبة عددية بسيطة صحيحة.



حجمان من غاز أول أكسيد الكربون يتفاعلان دائمًا مع حجم واحد من غاز الأكسجين لينتجا حجمين من غاز ثاني أكسيد الكربون.

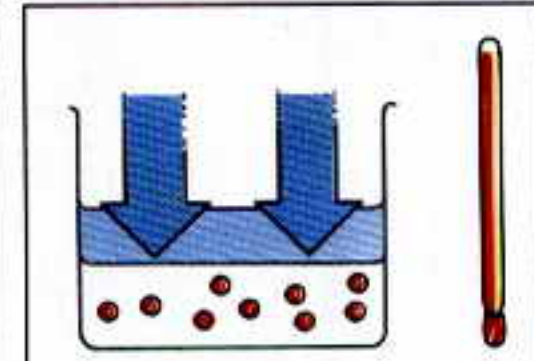
قانون شارل

حجم الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، في حال ثبوت الضغط (أي يتمدد الغاز بارتفاع درجة الحرارة): $\frac{V}{T} = \text{ث.}$



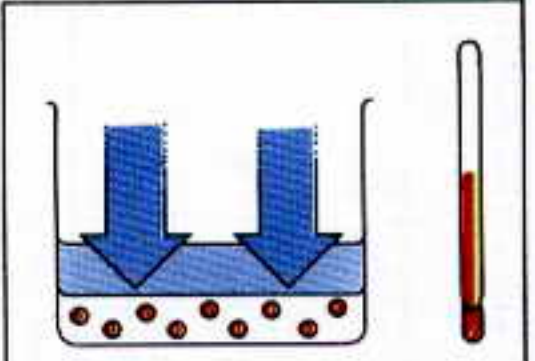
قانون الضغط

ضغط الغاز يتناسب طرديًا مع درجة الحرارة المطلقة، بثبوت الحجم (أي يزداد ضغط الغاز بارتفاع درجة الحرارة): $\frac{P}{T} = \text{ث.}$



قانون بويل

ضغط الغاز يتناسب عكسيًا مع حجمه، في حال ثبوت درجة الحرارة (أي يقل الحجم بازدياد الضغط): $P \times V = \text{ث.}$



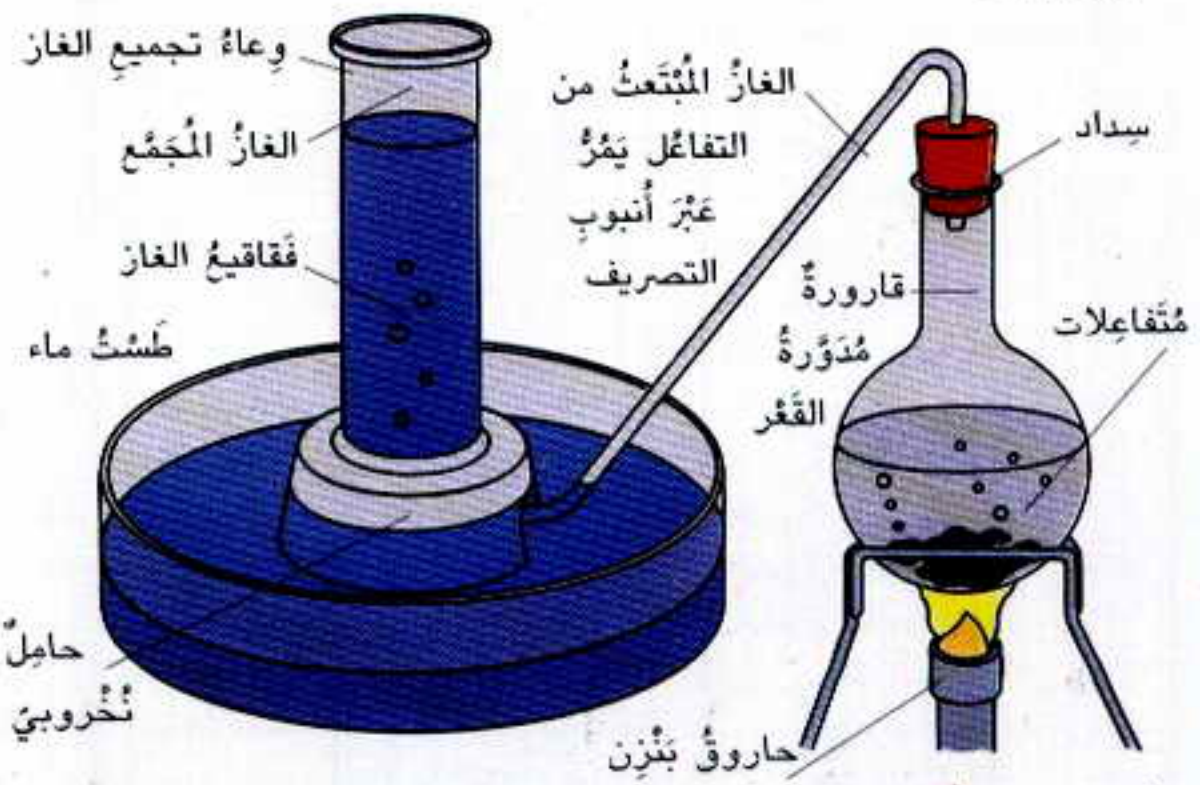
قانون الغاز المثالي

قانون الغاز المثالي يجمع قانوني بويل وشارل وقانون الضغط في معادلة واحدة. وتطبق كافة هذه القوانين على وجه أمثل على الغازات ذات الجزيئات الصغيرة الفسيحة المتباعدة - وهي الغازات التي يقال فيها إنها تسلك مسلك الغاز المثالي. (ثابت الغاز «ر» هو نفسه لكل الغازات).

$$PV = nRT$$

تجميع الغازات

من العسير تجميع الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي، لكن الجهاز المبين ييسر ذلك.



المتفاعلات في تحضير ثاني أكسيد الكربون، مثلاً، يمكن أن تكون نحاتة الرُخام (كربونات الكالسيوم) وحمض الهيدروكلوريك المخفف.

اختبارات تعرف الغازات



السوابق واللاحق







إسم المركب الكيميائي يدلُّنا على العناصر التي يتألف منها ذلك المركب. ويمكننا الحصول على هذه المعلومات بالنظر إلى لواحق الاسم الكيميائي أو سوابقه.

المركب ينتهي بـ	الوصف	أمثلة
- يد	يحتوي فقط العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيد الحديد (ح كب)
- يت	يحتوي الأكسجين بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتيت الحديد (ح كب +)
- ات	يحتوي أكسجيناً أكثر مما هو متواجد في - يت بالإضافة إلى العنصرين المذكورين في الاسم.	كبريتات الحديد (ح كب أ)

السابقة (أو البادئة)	عدد الذرات في البادئة	أمثلة
أول	١	أول أكسيد الكربون (ك أ)
ثاني	٢	أكسيد ثنائي النيتروجين (أكسيد النيتروز) ن٢ ثاني أكسيد النيتروجين (ن أ)
ثالث	٣	ثالث كلوريد البورون (ب كل ٣)

سلسلة التفاعلية

السلسلة التالية تُقارن بين تفاعلية (وفاعلية) الفلزّات المختلفة. فالفلزّات في أعلى السلسلة هي الأكثر تفاعلية، والأقل تفاعلية هي في أسفلها.

التفاعل مع حامض مُخَفَّف	التفاعل مع الماء	التفاعل عند الإحماء في الهواء	الفلزّ
 تفاعلٌ عنيفٌ يُنتِجُ غازَ الهيدروجين ومُحلولاً مُلْحِيّاً.	 تفاعلٌ مع الماء البارد لإنتاج غاز الهيدروجين ومُحلول هيدروكسيد قلوي. تَقَلُّ شِدَّةُ التفاعلِ نَزولاً نحو أسفل السلسلة.	 إحتراقٌ شديدٌ يُنتِجُ الأكاسيد.	K البوتاسيوم «بو»
 تفاعلٌ يُنتِجُ غازَ الهيدروجين ومُحلولاً مُلْحِيّاً. وتَقَلُّ شِدَّةُ التفاعلِ نحو أسفل السلسلة.	 لا تفاعلٌ مع الماء البارد. تفاعلٌ مع البخار يُنتِجُ غازَ الهيدروجين وأكسيد الفلزّ. وتَقَلُّ شِدَّةُ التفاعلِ نحو أسفل السلسلة.	 إحتراقٌ يَقلُّ شِدَّةً نحو أسفل السلسلة.	Na الصوديوم «ص»
			Ca الكالسيوم «كا»
			Mg المغنسيوم «مغ»
			Al الألومنيوم «لم»
			Zn الخارصين «خ»
			Fe الحديد «ح»
			Pb الرصاص «صا»
			Cu النحاس «نح»
			Ag الفضة «ف»
			Au الذهب «ذ»
لا تفاعل	لا تفاعل	تفاعلٌ بطيءٌ يُشكِّلُ طبقةً أكسيديةً سطحيةً	

قُدْرَةُ مُتَزَايِدَةٌ
على الإزاحة.

تفاعلية
متزايدة

أجهزة مختبرية (أو مخبرية)

هذه بعض أكثر الأجهزة استخداماً في المختبرات.

قائمة: تُمسِكُ القامِطة الأنابيب فوق الحامل.

قِنَعُ الفُضْل: يَصلُّ سائِلَينِ لا مُزْوجين. فالسائل الأثقل يَستَقِرُّ في القعر، ويمكن استِغْراغُه أولاً.

حامل: يُثَبَّتُ الحاملُ في الأجهزة في مكانها.

قارورة مُسطَّحة القعر: تُستخدَمُ في تفاعلات السوائل عندما لا يكون هناك حاجة للتسخين.

أنبوب إغلاء: أنبوب من الزجاج السُميك الصامد للحرارة، يُستخدَمُ في الإحماء الشديد للجوامد والسوائل.

جَفَنَةُ تَبخِير: تُستخدَمُ لاحتواء المحاليل المراد تسخينها بَلْطَب لطرِد المُذِيب.

أنبوب اختيار: يُستخدَمُ في التفاعلات الكيميائية البسيطة؛ وقد لا يكون ملائماً للإحماء الشديد.

قارورة حَجْمِيَّة: تُستخدَمُ في تحضير مُحلولٍ دقيق التركيز جداً. والسداد يُمكن من مَزْج المحاليل جيّداً.

مِخْبَارُ قِياس مُدرَج: يُستخدَمُ في القياس التقريبي لحجم السائل.

دورق: يُستخدَمُ كالكَاس لاحتواء السوائل.

سَحَّاحَة: تُستخدَمُ في إضافة مُحلولٍ إلى آخر؛ كما تُسَجَّلُ كميّة المُحلول المُستخدَمُ بِدِقَّة.

مَاصَّةٌ مُدرَجة: تُستخدَمُ لقياس أحجام مُحدَّدة بِدِقَّة من السوائل.

رُجَّاجَةٌ مُراقِبة: تُستخدَمُ لاحتواء وتَمُخُّص الجوامد، وفي تبخير كميات قليلة من السوائل.

قارورة مَخروطِيَّة: تُستخدَمُ في إجراء التفاعلات. وهي، بخلاف الدورق، يُمكن سَدُّها بِسداد.

قُطَّارة: تُستخدَمُ في إضافة كميات قليلة، غير بالغِ الدقة، من مُحلولٍ إلى آخر.

المواد

استعمالات الإيثين

يُستَحصَرُ الإيثين خلال عمليات تكرير النفط أو الزيت الخام، بطريقة التَّكسير. وتجرى هذه العملية في وحدات كيميائية ضخمة، حيث تعمل الحرارة على تكسير مزيج من الهيدروكربونات يُعرف بالنفثا. وتُستخدم المنتجات الثانوية وقدا أو كمواد أولية مهمة في عمليات كيميائية أخرى. ويُستخدم الإيثين مُستَقِلًا لإنتاج الشمار صناعيًا؛ لكن عندما يتفاعل مع الكيماويات، كما أدناه، فإنه يُنتِج مواد جديدة لها ماث الاستعمالات في المجالات الصناعية.

بوليثين (مَكثُورُ الإيثين)

يُستخدم في التغليف والتوصيب (كلاغشية اللدائنة اللاصقة والأكياس والقناني)؛ والأدوات المقلوبة (كاللأء، والدوائر والأواني المطبخية)؛ وغيرها (كالمواسير والكُبول العازلة والملابس والأفلام الفوتوغرافية).

إيثانول

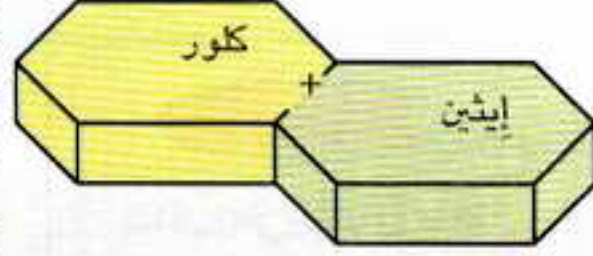
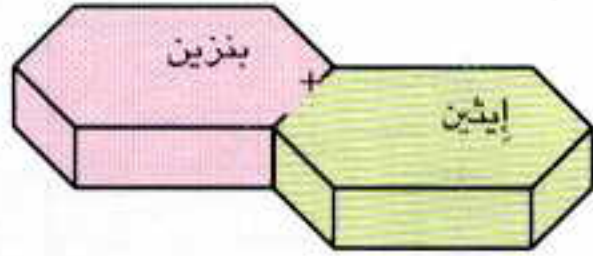
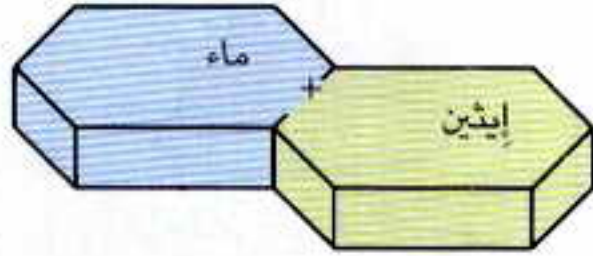
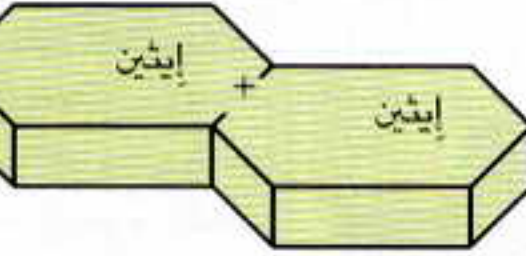
يُستخدم في تحضير نُظُل الحلاقة والعُطور ومُستحضرات التجميل والكحول المُثِيل ومذيبات الدهان والراتينجات وأنواع الصابون والأصباغ وغيرها (كاللدائن والغقاقير - كخُحدرات التبنيج، والأنسجة).

بوليستيرين

يُستخدم في صنُع بلاط السُقوف وعوازل الجدران المُفرَّغة والطاسات والأكواب ومواد التغليف (كما في أوعية اللبن)؛ والنيلون (للملابس والسجاد وأوتار مضارب التنس وشباك صيد السمك)؛ وغيرها (كذوايب السيارات والدهانات اللثيئة والأقراص الحاسوبية والألعاب).

كلوريد البوليڤنيل

يُستخدم كمادة عازلة وكغطاية واقية (لمواسير الغاز والماء وخراطيم المياه والكُبول العازلة وتركيبات السُقوف وأُطر النوافذ وبلاط الأرضيات)؛ وكذلك لصنُع ورق الجدران والسُتائر والمُشتمعات والملابس الواقية والحقائب اليدوية والألعاب والأشطوانات وشرائط التسجيل، والكيماويات (كالنُحانات المُطهرة ومُزيلات الشُحم) والمُبرِّدات وغيرها.



كربونات الصوديوم

كربونات الصوديوم Na_2CO_3 (ص ٢ ك ٣) مُركَّب كيميائي صناعي مهم يُحصَر من حجر الجير وملح الطعام. ويُستخدم أساسًا في صنُع الزجاج بالإحماء مع حجر الجير والرمل. والزجاج زهيد تكاليف الإنتاج لأن مواده الأولية متوافرة بكثرة.

يُستخدم رماد الصُودا

(كربونات الصوديوم)

اللامائية بصورة رئيسية في

صنُع الزجاج والكيماويات

والمنظفات. وتُستخدم كميات

أقل منه في صنُع مواد أخرى.

كيماويات

٢٥٪

منظفات

١٥٪

مواد أخرى

١٠٪

زجاج

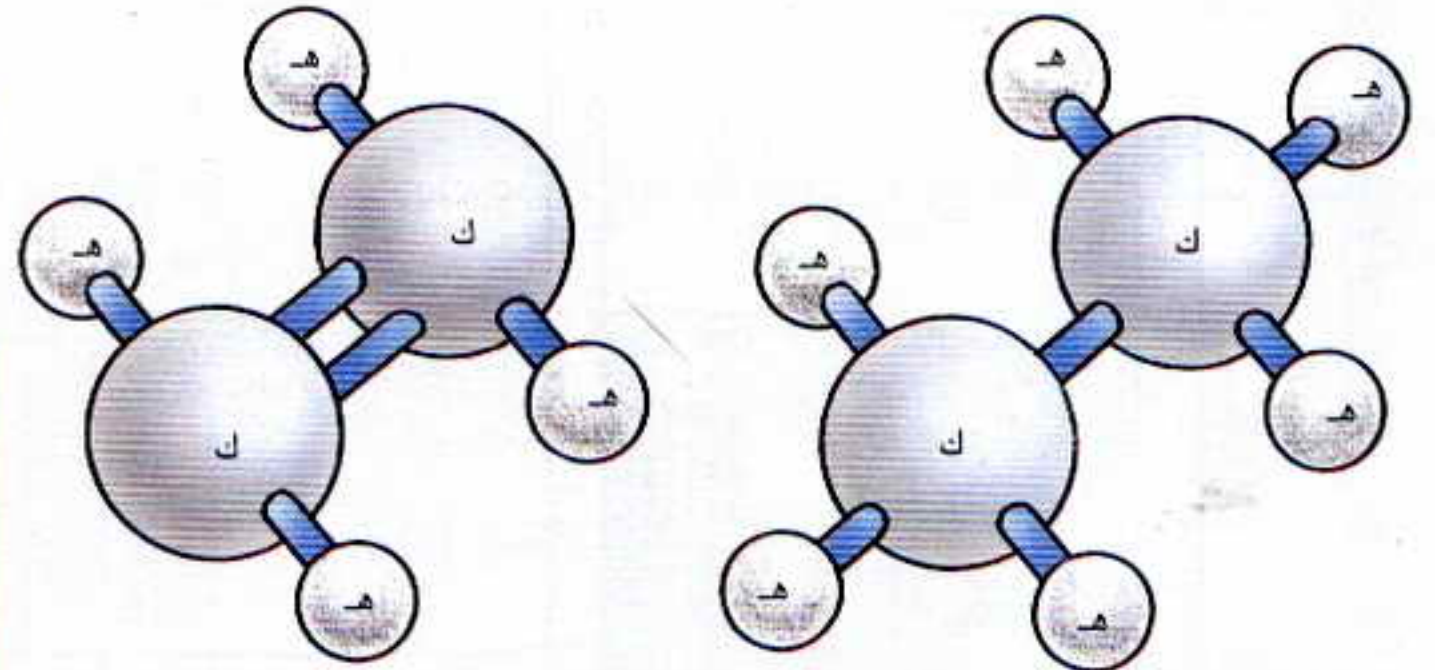
٥٠٪

الألكانات والألكينات

الألكانات والألكينات مُركَّبات كيميائية هيدروكربونية تتألف من عُنصرين فقط هما الهيدروجين والكربون. ومع أن ذرات هذين العنصرين مُرتَّبة بالنسق نفسه في كلا نوعي المُركَّبات، فإن الترابط بين ذرات الكربون أحادي في الألكانات وثنائي في الألكينات. وهذا الفرق يعني أن الألكينات تتفاعل مع المواد الأخرى أكثر من الألكانات (أنظر استخدامات الإيثين إلى اليسار). وتُستخدم الألكانات كوقد بصورة رئيسية. وتباين خصائص الألكانات والألكينات تبعًا لعدد ذرات الكربون التي تحتويها.

الألكانات

عدد ذرات الكربون في السلسلة	اسم المُركَّب	الحالة الطبيعية على ٢٢° س	الصيغة الجزيئية
١	الميثان	غاز	CH_4
٢	الإيثان	غاز	C_2H_6
٣	البروبان	غاز	C_3H_8
٤	البيوتان	غاز	C_4H_{10}
٥	البنزين	سائل	C_5H_{12}
٦	الهكسان	سائل	C_6H_{14}
٧	الهيبتان	سائل	C_7H_{16}
٨	الأوكتان	سائل	C_8H_{18}
٩	النونان	سائل	C_9H_{20}
١٠	الديكان	سائل	$C_{10}H_{22}$



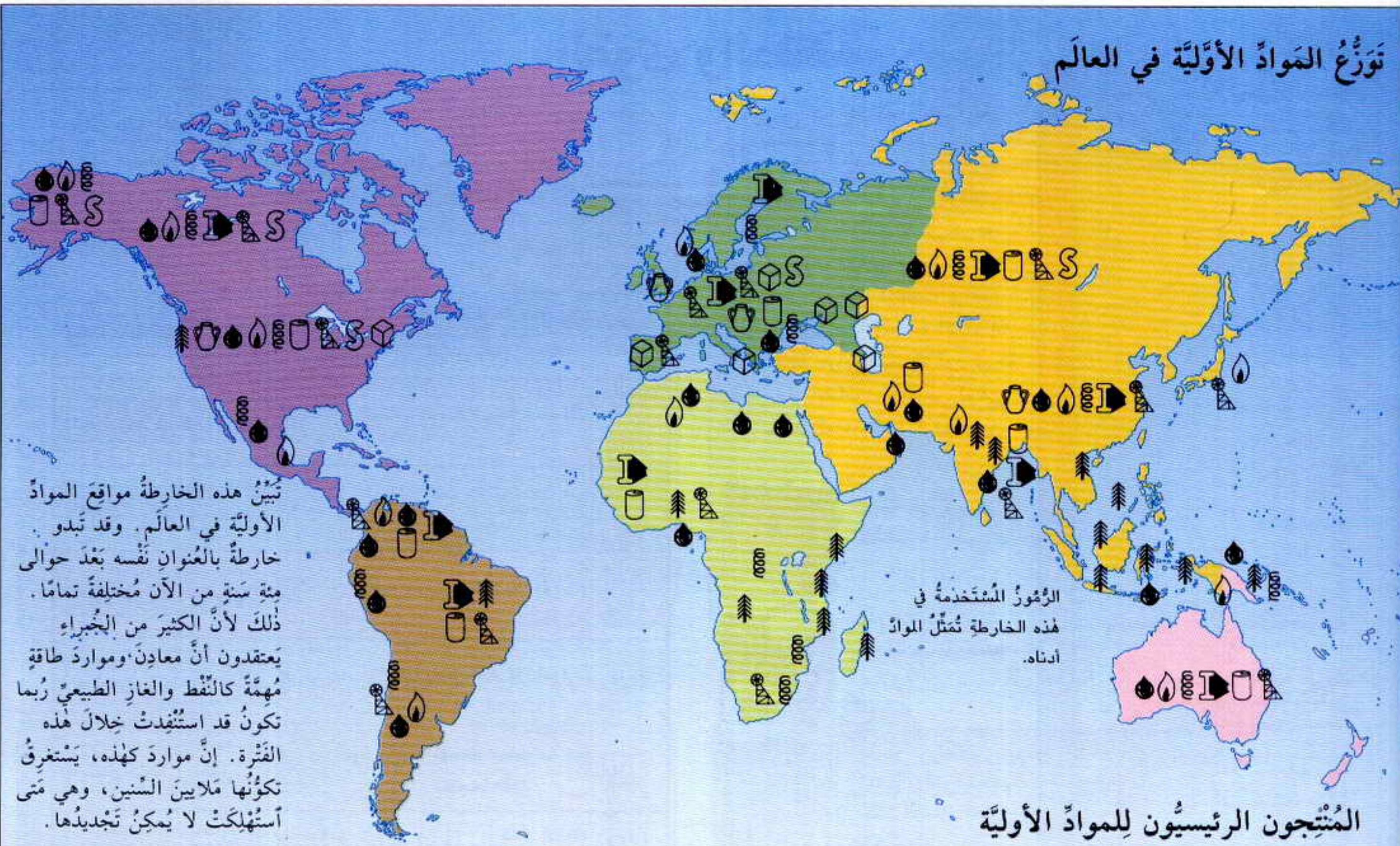
الإيثين ألكين نموذجي يحوي رابطة ثنائية بين ذرتي الكربون.

الإيثان مثال على ألكان يحوي رابطة أحادية بين ذرتي الكربون.

الألكينات

عدد ذرات الكربون في السلسلة	اسم المُركَّب	الحالة الطبيعية على ٢٢° س	الصيغة الجزيئية
٢	الإيثين	غاز	C_2H_4
٣	البروبين	غاز	C_3H_6
٤	البيوتين	غاز	C_4H_8
٥	البنين	سائل	C_5H_{10}
٦	الهكسين	سائل	C_6H_{12}
٧	الهيبتين	سائل	C_7H_{14}
٨	الأوكتين	سائل	C_8H_{16}
٩	النونين	سائل	C_9H_{18}
١٠	الديكين	سائل	$C_{10}H_{20}$

توزع المواد الأولية في العالم



المنتجات الرئيسية للمواد الأولية

استخدامات المواد الأولية

المواد الأولية	الاستخدامات
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أهم مصدر للألومنيوم - الذي يُستخدم في صناعة الطائرات وزقائن التغليف والسيارات والدهانات والأواني المطبخية.
الفحم الحجري	يتألف الفحم الحجري بصورة رئيسية من الكربون، ويُستخدم وقودًا لتدفئة المنازل وتوليد الكهرباء.
النحاس	يُستخدم النحاس في صنع الأسلاك والكابلات الموصلة للكهرباء؛ وفي تصنيع سلسلة من السبائك كالنحاس الأصفر.
الغاز الطبيعي	يُستخدم الغاز الطبيعي في صنع الأمونيا؛ وفي المنازل يُستخدم وقودًا للتدفئة والطبخ.
خام الحديد	يُستخدم الحديد في تصنيع قطع محركات السيارات والمغانط وفي صنع الفولاذ. والفولاذ أقوى من الحديد وأخذ المواد الرئيسية في بناء الجسور والمباني الشاهقة.
كاؤولين (طفّل)	يُستخدم الكاؤولين في صنع الطوب والإسمنت لبناء المنازل، والخزفيات لصنع الفخار.
النفط	يُستخدم النفط وقودًا لمحركات الطائرات والسيارات والمصانع، وفي صنع اللدائن.
ملح الطعام	يُستخدم الملح تابلًا للطعام، وفي صنع هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) وكربونات الصوديوم.
الكبريت	يُستخدم الكبريت في تحضير حامض الكبريتيك، الذي يُستخدم في تصنيع الدهانات والمنظفات واللدائن واللايف.
الخشب	يُستخدم الخشب في بناء المنازل وصنع الجيزان (ج. جانز) والأبواب والأثاث؛ وهو أيضًا المادة الأولية لصنع الورق.

المادة	المنتجات الرئيسية	المجموع العالمي
البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)	أستراليا ٣٧,٤ مليون طن غينيا ١٦,٥ مليون طن	١٠٦٤ مليون طن
الفحم الحجري	الصين ١٠٥٤ مليون طن الولايات المتحدة ٨٨٩ مليون طن	٥٨٨٢ مليون طن
النحاس	تشيلي ١,٦ مليون طن الولايات المتحدة ١,٥ مليون طن	٩,٢ مليون طن
الغاز الطبيعي	كومنولث الدول المستقلة* ٧٩٦,٠٠٠ مليون م ^٣ الولايات المتحدة ٤٨٨,٧٤٩ مليون م ^٣	٢١٠٠,٠٠٠ مليون م ^٣
خام الحديد	كومنولث الدول المستقلة* ٢٤١ مليون طن الصين ١٦٥ مليون طن	٩٨٤ مليون طن
كاولين (طفّل)	كومنولث الدول المستقلة* مليون طن الجمهورية الكورية ١,٣ مليون طن	٢٣,١ مليون طن
النفط	كومنولث الدول المستقلة* ٦٠٧ مليون طن الولايات المتحدة ٣٧٣ مليون طن المملكة العربية السعودية ٢٥٧ مليون طن	٢٩٨٧ مليون طن
ملح الطعام	الولايات المتحدة ٣٥,٥ مليون طن الصين ٢٨,٣ مليون طن	١٨٩ مليون طن
الكبريت	الولايات المتحدة ١١,٦ مليون طن الصين ٧,٤ مليون طن	٦٠,٣ مليون طن
الخشب	الولايات المتحدة ١١٠٩ مليون م ^٣ كومنولث الدول المستقلة* ٨٦٢ مليون م ^٣	٧١٤٧ مليون م ^٣

* إتحاد الجمهوريات
السوفييتية الاشتراكية سابقًا

القوى والطاقة

سليوس فهرنهايت كلفن

١٠٠ ٢١٢ ٢٧٣

٩٠ ١٩٤ ٣٦٣

٨٠ ١٧٦ ٣٥٣

٧٠ ١٥٨ ٣٤٣

٦٠ ١٤٠ ٣٣٣

٥٠ ١٢٢ ٣٢٣

٤٠ ١٠٤ ٣١٣

٣٠ ٨٦ ٣٠٣

٢٠ ٦٨ ٢٩٣

١٠ ٥٠ ٢٨٣

٠ ٣٢ ٢٧٣

١٠- ١٤ ٢٦٣

٢٠- ٤- ٢٥٣

مقاييس درجات الحرارة (الترموترات)

تقاس درجات الحرارة بالترموتر (ميزان الحرارة) الذي يقيس درجة حُمُو أو برودة الأجسام أو الأشخاص. وكلما ارتفعت قراءة المقياس كان حُمُو الجسم أكثر. إذا كانت درجة حرارة جسم ما دون درجة الصفر على مقياس سليوس (وهي نقطة تجمد الماء) فتقرأ كرقم سلبّي.

درجة حرارة مركز الشمس ١٤ مليون °س

يغلي الماء على درجة ١٠٠ °س (في ضغط عياري)

درجة الحرارة القصوى التي يتحملها جسم الإنسان العاري ٧٤ °س

درجة حرارة جسم الإنسان العادية ٣٧ °س

درجة الحرارة الدنيا التي يتحملها جسم الإنسان العاري ١٠ °س

درجة تجمد الماء صفر (٠) °س

مُعادلات القوة والطاقة

تُستخدم المُعادلات التالية عادةً في الفيزياء. إن بعض الوحدات المستخدمة في حساب هذه المُعادلات واردة في جداول وحدات القياس المتري والإمبراطوري في الصفحة المُقابِلة.

مُعَدَّلُ السَّيْرَةِ (م/ث)	المسافة المقطوعة (م) الزَّمن (ث)
القُوَّة (كغ/م ^٢ ث أو ن)	الكُتْلَة (كغ) × التسارع (م/ث ^٢)
التَّسَارُع (م/ث ^٢)	تغيُّر السَّيْرَةِ (م/ث) الزَّمن (ث)
كَمِيَّةُ التَّحَرُّك (كغ/م/ث)	الكُتْلَة (كغ) × السَّيْرَةِ (م/ث)
الدَّفْع (ن/ث)	القُوَّة (ن) × الزَّمن (ث)
الشَّغْل (ن م أو جُول)	القُوَّة (ن) × المسافة المقطوعة (م) باتَّجاه القُوَّة
مُعَدَّلُ القُدْرَةِ (جُول/ث أو واط)	الشَّغْل المَبذُول (ن م) أو تغيُّر الطاقة (جُول) الزَّمن (ث)
الكِفَايَةِ (%)	الشَّغْل الناتج (ن م) × ١٠٠ % الشَّغْل المَبذُول (ن م)
الضَّغْط (ن/م ^٢)	القُوَّة (ن) المساحة (م ^٢)
الكثافة (كغ/م ^٣)	الكُتْلَة (كغ) الحُجْم (م ^٣)

مفتاح الرموز: جول - جول، كغ - كيلوغرام، م - متر، ن - نيوتن، ث - ثانية، واط - واط.

خَطُّ يَلْمَسُول

تَظَلُّو السُّفُنُ لَأَن مُعَدَّلَ كَثَافَتِهَا أَقَلُّ مِنْ كَثَافَةِ الْمَاءِ. وَيُطْلَى عَادَةً عَلَى جَانِبِ هَيْكَلِ السَّفِينَةِ عَلَامَةٌ تُدْعَى خَطُّ يَلْمَسُولُ يَبَيِّنُ الْحُمُولَةَ الْمَأمُونَةَ الْقُصْوَى. فَإِنْ غَطَّسَتِ السَّفِينَةُ إِلَى مَا فَوْقَهُ تَكُونُ مُقَرِّطَةً الْحُمُولَةَ.

علامات يلمسول حسب

تُشِيرُ الْأَحْرَفُ عَلَى خَطِّ (أو) سَجَلْ لَوِيد

خُطُوط) يَلْمَسُولُ إِلَى

مُسْتَوِيَّاتِ الْحُمُولَةِ الْمَأمُونَةِ

لِلسَّفِينَةِ، فِي الْمَنَاحِتِ

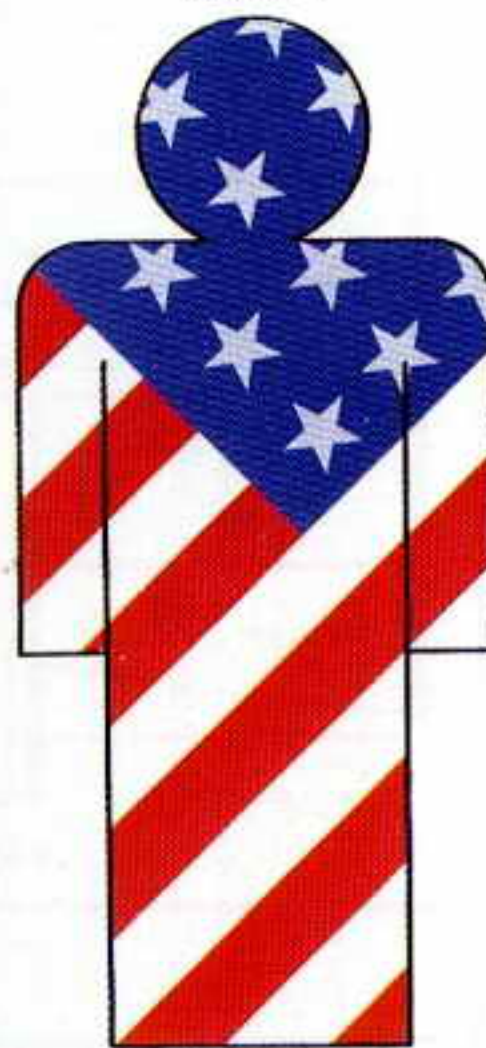
وَالْبَحَارِ

الْمُخْتَلِفَةِ.

مَاءَ عَذْبِ مَدَارِي F
مَاءَ مَلْحِ مَدَارِي T
مَاءَ مَلْحِ صِفَا S
مَاءَ مَلْحِ شَدَا W
مَاءَ الْأَطْلَسِيِّ الشِّمَالِي WNA

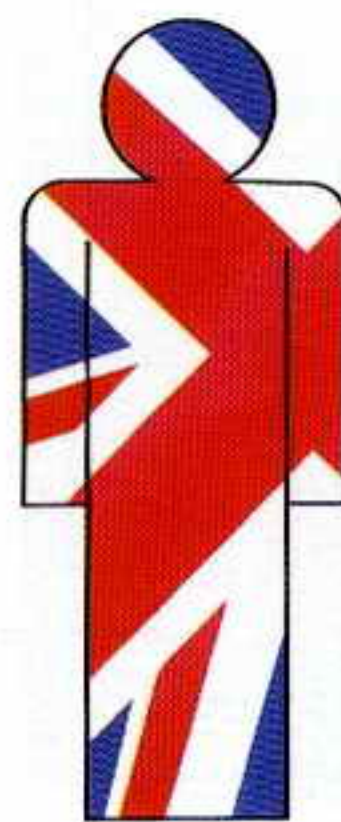


الولايات المتحدة
٢٤ مليون



الاستهلاك الطاقي اليومي
للشخص بالكيلوجول

المملكة المتحدة
١٧,٥ مليون



أستراليا
١٦,٥ مليون



مُعَدَّلُ الاسْتِهْلَاكِ الطَّاقِي اليومي لِلْفَرْد

يُبَيِّنُ الْمُخَطَّطُ التَّالِي مَدَى اخْتِلَافِ اسْتِهْلَاكِ الشَّخْصِ لِلطَّاقَةِ يَوْمِيًّا مِنْ بَلَدٍ إِلَى آخَرٍ. الْأَرْقَامُ الْمُعْطَاةُ تُشَمِّلُ مُخْتَلِفَ مَصَادِرِ الطَّاقَةِ - كَالطَّعَامِ وَالْكَهْرَبَاءِ وَالْغَازِ وَالْبِتْرُولِ بِمُخْتَلِفِ مُسْتَقَاتِهِ.

الشَّيْلِي
٤ مليون



الصِّين
٢,٥ مليون



الْهِنْدُ
٠,٦ مليون



وَحَدَاتُ الْقِيَاس (فِي النِّظَامَيْنِ الْمِثْرِيِّ وَالْإِمْبَرَاتُورِيِّ)

وَحَدَاتُ الْقِيَاس

الوحدات المِثْرِيَّة	الوحدات الإمبراطوريَّة	ما يُعَادِلُهَا
الطول	الطول	ما يُعَادِلُهَا
سنتيمتر (سم)	قَدَم	١٢ إنشاً أو بوصة (إنش)
متر (م)	يَاوَدَّة (يا)	٣ أقدام
كيلومتر (كم)	ميل	١٧٦٠ ياردة
المساحة	المساحة	
سنتيمتر مُرَبَّع (سم ^٢)	قَدَمٌ مُرَبَّع (قدم ^٢)	١٤٤ إنشاً مُرَبَّعاً (إنش ^٢)
متر مُرَبَّع (م ^٢)	يَاوَدَّة مُرَبَّعَة (يا ^٢)	٩ أقدام مُرَبَّعَة
هكتار	قَدَان	٤٨٤٠ ياردة مُرَبَّعَة
كيلومتر مُرَبَّع	مِيلٌ مُرَبَّع	٦٤٠ قَدَانًا
الحجم	الحجم	
سنتيمتر مُكْعَب (سم ^٣)	بَايْنَت	٣٤,٦٨ إنش مُكْعَب (إنش ^٣)
لِتر (ل)	كُوَاوَرَات	٤ كُوَاوَرَات
مِثْرٌ مُكْعَب (م ^٣)	غَالُون	١٦ أُونْصَة
الكُتْلَة	الكُتْلَة	
كيلوغرام (كغ)	بَاوْنْد	٢٢٤٠ بَاوْنْدَا
طَن (طن)	طَن	

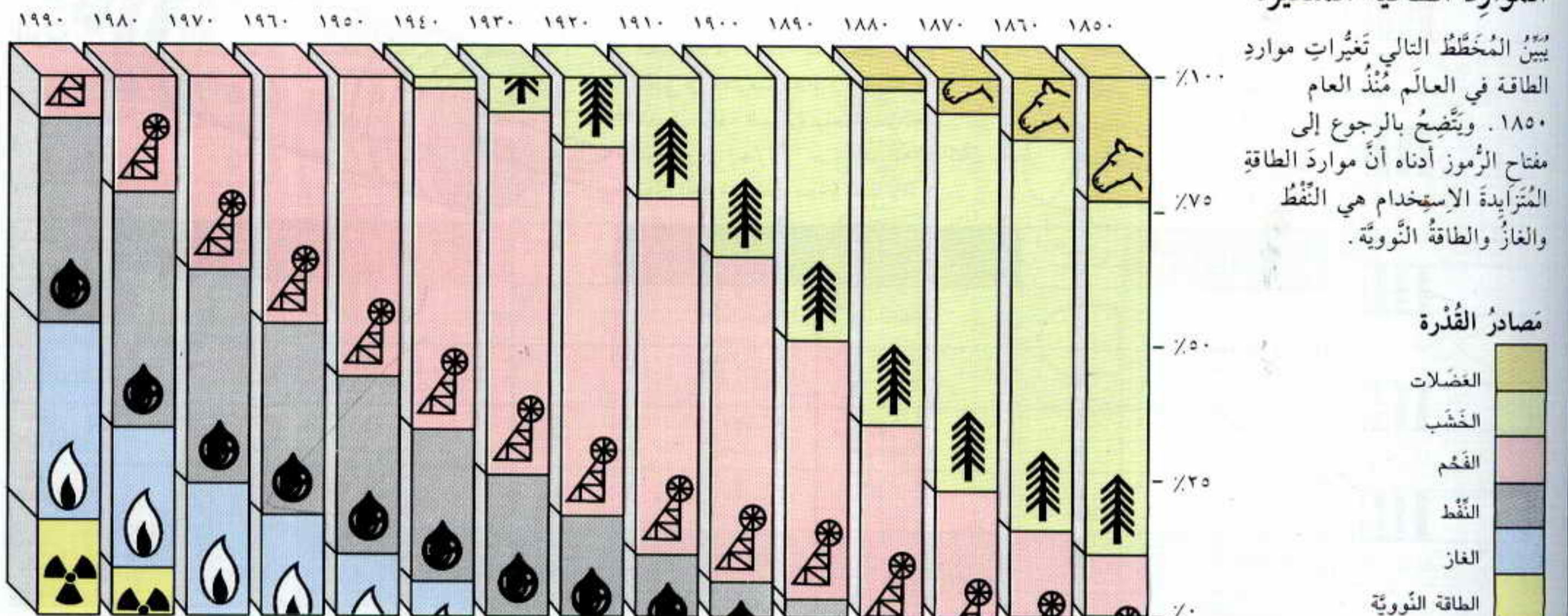
التحويل من وحدات إمبراطورية إلى مترية

التحويل من وحدات مترية إلى إمبراطورية

إلْتَرِب فِي	إِلَى	لِلتَّحْوِيلِ مِنْ
الطول	الطول	إلْتَرِب فِي
سنتيمترات	سنتيمترات	٢,٥٤
أمتار	أمتار	٠,٣٠
كيلومترات	كيلومترات	١,٦١
المساحة	المساحة	
سنتيمترات مُرَبَّعَة	سنتيمترات مُرَبَّعَة	٦,٤٥
أمتار مُرَبَّعَة	أمتار مُرَبَّعَة	٠,٠٩
هكتارات	هكتارات	٠,٤٠
كيلومترات مُرَبَّعَة	كيلومترات مُرَبَّعَة	٢,٥٩
الحجم	الحجم	
سنتيمترات مُكْعَبَة	سنتيمترات مُكْعَبَة	١٦,٣٩
لِترات	لِترات	٠,٥٧
لِترات	لِترات	٤,٥٥
الكُتْلَة	الكُتْلَة	
غرامات	غرامات	٢٨,٣٥
كيلوغرامات	كيلوغرامات	٠,٤٥
أطنان	أطنان	١,٠٢

الْمَوَارِدُ الطَّاقِيَّةُ الْمُتَغَيِّرَةُ

يُبيِّنُ الْمُخَطَّطُ التَّالِي تَغْيِيرَاتِ مَوَارِدِ الطَّاقَةِ فِي الْعَالَمِ مِنْذُ الْعَامِ ١٨٥٠. وَيَتَضَّحُّ بِالرُّجُوعِ إِلَى مَفْتَاَحِ الرُّمُوزِ أَدْنَاهُ أَنَّ مَوَارِدَ الطَّاقَةِ الْمُتَزَايِدَةَ الْإِسْتِخْدَامَ هِيَ النَّفْطُ وَالْغَازُ وَالطَّاقَةُ النَّوَوِيَّةُ.



نظام الوحدات الدوليَّة سِلْسِلَةٌ من الوحدات المُنْتَقَى عليها دوليًا لِلاستِخدام في الأغراض العلميَّة. والمُضاعفات المُستخدمة، مع بعض الوحدات الكهربائيَّة في هذا النظام صِغَرًا أو كِبَرًا، تُشَمَّلُ: پيكو $\times 10^{-12}$ ؛ ميكرو $\times 10^{-6}$ ؛ $\times 10^{-3}$ ؛ كيلو $\times 10^3$ ؛ ومِغَا $\times 10^6$.

المُعَادَلَاتُ الْمُؤَيَّنَةُ أَذْنَاءُ لَا تَعْنِي شَيْئًا بِحَدِّ
ذَاتِهَا ؛ لَكِنْ كُلًّا مِنْهَا يُمَكِّنُكَ مِنَ الْحُصُولِ عَلَى
ثَلَاثِ مُعَادَلَاتٍ - كُلُّ وَاحِدَةٍ مِنْهَا تُمَكِّنُكَ مِنْ
احْتِسَابِ إِحْدَى الْكَمِّيَّاتِ الثَّلَاثِ إِذَا كَانَتْ
أُتَتْ مِنْهَا مَعْرُوفَتَيْنِ . وَلِلْحُصُولِ عَلَى الْجَوَابِ
الصَّحِيحِ يَجِبُ التَّعْبِيرُ عَنْ جَمِيعِ الْكَمِّيَّاتِ
بِوَحْدَاتٍ مِنْ نِظَامِ الْقِيَاسِ نَفْسِهِ (كِتَابُ
الْوَحْدَاتِ الدَّوْلِيِّ).

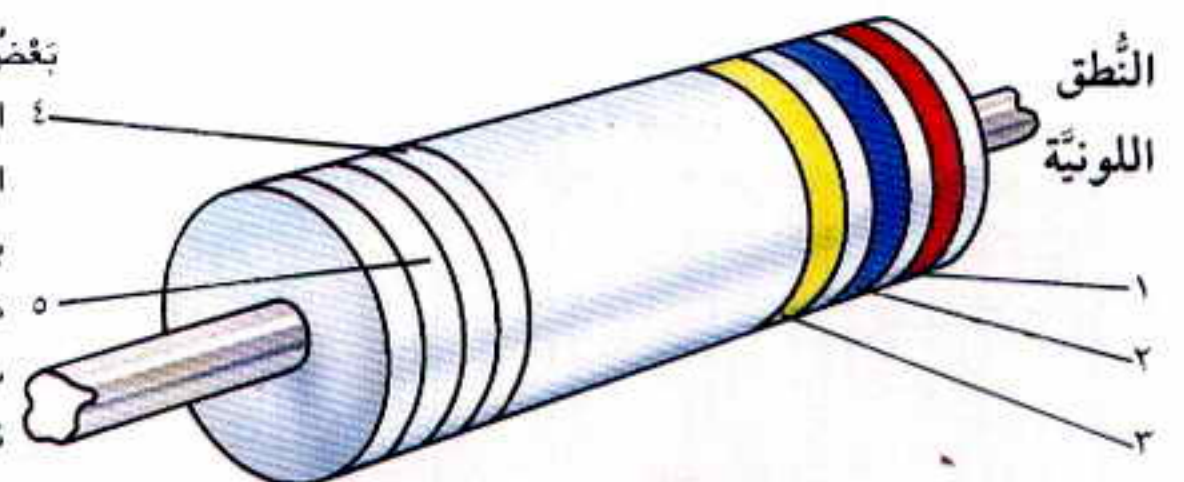
$$\gamma = \frac{1}{2.5}$$

$$1 = \frac{1}{2}b; \frac{1}{2} = b; \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$$

$I = \frac{\text{الشحنة الكهربائية}}{\text{شدة التيار} \times \text{الزمن}}$
$I = \frac{\text{الفلطية}}{\text{شدة التيار} \times \text{المقاومة}}$
$I = \frac{\text{القُدرة (المُبْدُة في المقاومة)}}{\text{الفلطية} \times \text{شدة التيار}}$
$I = \frac{\text{الطاقة}}{\text{القُدرة} \times \text{الزمن}}$
$I = \frac{\text{السرعة الموجية}}{\text{التردد} \times \text{الطول الموجي}}$

تُستخدَمُ المُقاوِمَاتُ لِلتَّحَكُّمِ فِي سَرَيَانِ التِّيَّارِ فِي الدَّارَةِ؛ وَتُقَاسُ الْمُقاوِمَةُ بِالْأُومِ (Ω). وَتُظْهِرُ قِيَمَةُ الْمُقاوِمَةِ عَادَةً بِالْأُومِ (Ω) - مُبَيَّنَةٌ بِثَلَاثَةِ نُظُقٍ مُلَوَّنَةٍ هِيَ جُزْءٌ مِنْ شَفْرَةِ لَوْنِيَّةٍ خَاصَّةٍ.

التفاوت المسموح: يُبين مدى قُرب مُقاومة المُقاوم من القيمة المُرقومة عليه. مثال ذلك، مُقاوم $100 \Omega \pm 2\%$ ، يعني أن مُقاومته تتراوح بين ٩٨ و 102Ω .
مُعامل درجة الحرارة بأجزاء من المليون لكل درجة سيلسيوس (ج/م/°س). هذا المُعامل يُبين مقدار تغير المُقاومة بتغير درجة الحرارة.



شغرة الترميز	أصفر	أخضر	أخضر فاتح	أخضر غامق	أخضر داكن	أخضر غامق جداً	أخضر غامق جداً جداً	أخضر غامق جداً جداً جداً	أخضر غامق جداً جداً جداً جداً	أخضر غامق جداً جداً جداً جداً جداً	أخضر غامق جداً جداً جداً جداً جداً جداً	أخضر غامق جداً جداً جداً جداً جداً جداً جداً
نطاق ١ الرقم الأول	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
نطاق ٢ الرقم الثاني	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
نطاق ٣ المضاعف	١٠	١٠٠	١٠٠٠	١٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠	١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠
نطاق ٤ التفاوت المسموح	١٪	٢٪	٣٪	٤٪	٥٪	٦٪	٧٪	٨٪	٩٪	١٠٪	١١٪	١٢٪
نطاق ٥ معامل درجة الحرارة	٢٠٠ ج/م/°س	١٠٠ ج/م/°س	٥٠ ج/م/°س	٢٥ ج/م/°س	١٥ ج/م/°س	١٠ ج/م/°س	٥ ج/م/°س	١ ج/م/°س	٠,٥ ج/م/°س	٠,٢ ج/م/°س	٠,١ ج/م/°س	٠,٠٥ ج/م/°س

شفرة مورس

يُمكن إرسال الرسائل بشفرة مورس المُتفق عليها دوليًا والمُؤلفة من نقط وشرط تمثل الحروف والأرقام وسمات أخرى.

a	• —	m	— —	y	— • — —
b	— • • •	n	— •	z	— — • •
c	— • — •	o	— — —	1	• — — —
d	— • •	p	• — — •	2	• • — —
e	•	q	— — • —	3	• • • —
f	• • — •	r	• — •	4	• • • •
g	— — •	s	• • •	5	• • • • •
h	• • • •	t	—	6	— • • •
i	• •	u	• • —	7	— — • •
j	• — — —	v	• • • —	8	— — — •
k	— • —	w	• — —	9	— — — • •
l	• — • •	x	— • • —	0	— — — —

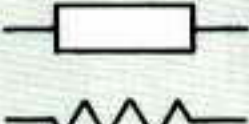




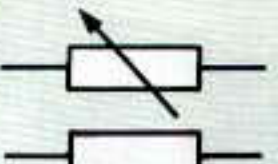
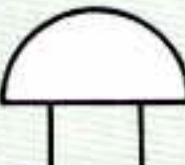
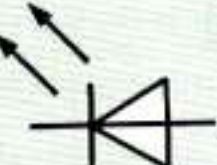
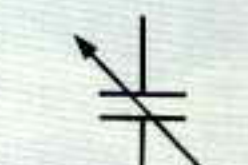
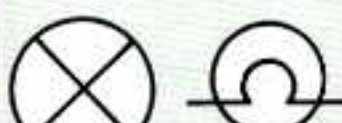


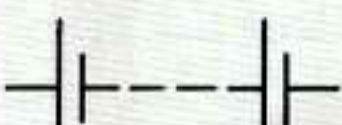
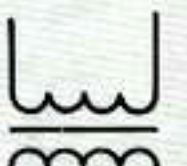
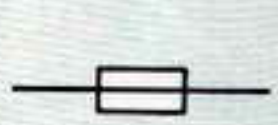










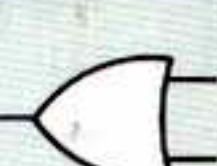
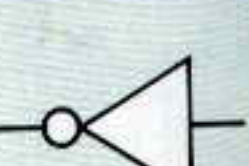



نظام الترميز الثنائي

تستخدم الحاسبات الإلكترونية نظام الترميز الثنائي للأعداد، بالآحاد والأصفار فقط 0 و 1، بخلاف النظام العشري، الذي يحوي عشرة أرقام، من صفر (0) إلى تسعة (9). في النظام العشري، تمثل الأعداد الطويلة (من اليمين إلى اليسار) الآحاد، العشرات، المئات، الألوف، وهكذا دواليك. أما في النظام الثنائي، فتُمثل الأعداد الطويلة الآحاد، الاثنيّات، الأربعات، الثمانيات، وهكذا دواليك.

الأعداد العشرية				الأعداد الثنائية	
8	4	2	1	10	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	2
1	1	0	1	1	3
1	1	1	0	1	4
1	1	1	1	1	5

الرموز الكهربائية والإلكترونية

الرموز المستخدمة عادة لبعض مقومات الدارات الكهربائية والإلكترونية مبيّنة أدناه. أحيانًا تستخدم رموز بديلة لكثير من هذه المقومات، بخاصة في الكتب المنشورة في بلدان مختلفة.

		
مقاوم	قُلمتر	أميتر
		
مُواسِع	مقاوم ضوئيّ الاعتماد	مقاوم متغيّر
		
جرس	دايود ضوء	مُكثّف (مُواسِع) متغيّر
		
صمّجة	ميكروفون	مُجْهَر
		
بطارية	مُخَوِّل	صهيرة
		
مِقْلاد (مفتاح)	قُطْبِيّة موجبة	قُطْبِيّة سالبة
		
خُطوط المجال الكهربائي (سالب)	خُطوط المجال الكهربائي (موجب)	هوائي
		
ترانزستور «م-س-م»	ترانزستور «س-م-س»	خُطوط المجال المغنطيسيّ
		
بُوابة «و»	بُوابة «أو» (دائرة «أو»)	عاكس الطور (بُوابة لا)
		
سِلْكَان موصولان	سِلْكَان غير موصولين	دارة كهربائية مُتكاملة

الصوت والضوء

الطيف الكهرمغناطيسي

الضوء الذي يمكن مشاهدته هو نمط واحد من الإشعاع الكهرمغناطيسي الذي يضم أنماط إشعاع عديدة أخرى (كما هو مبين أدناه) تنتقل أمواجها بالسرعة نفسها، لكن أطوالها الموجية مختلفة.



مُرْسِل راديوي

أشياء يمكن كشفها



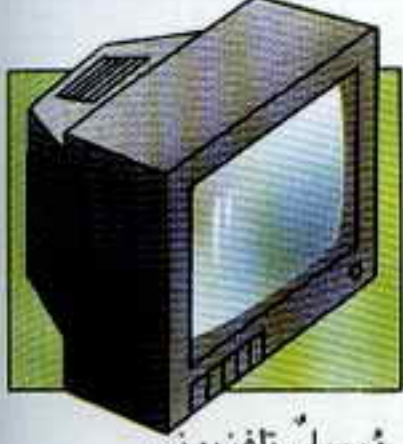
منزل

نمط الإشعاع

الطول الموجي (م)

أطوال موجية طويلة

أمواج راديوية

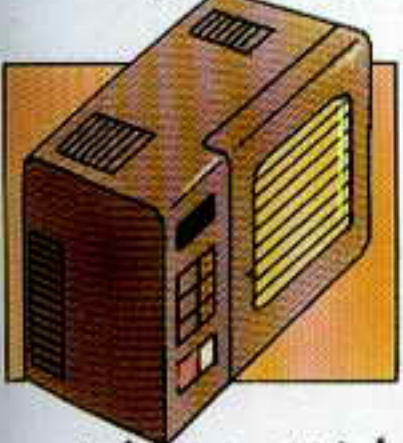


مُرْسِل تلفزيوني



علفونة

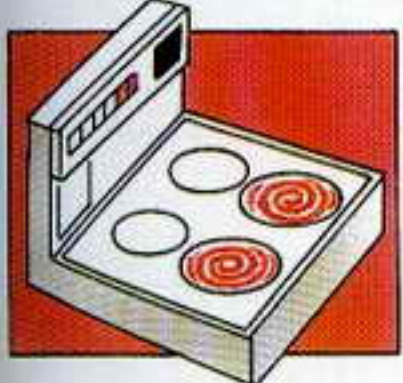
أمواج ضوئية



فُرُون الأمواج الضوئية



ذبابة



سخان بالاشعة تحت الحمراء



خلية



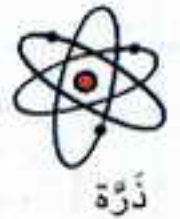
مصباح الأشعة فوق البنفسجية



بروتين



جزيء



ذرة



نواة



بروتون



كواركات



مكبة اشعة اكس



تفجير نووي

أشعة تحت الحمراء

أشعة فوق البنفسجية

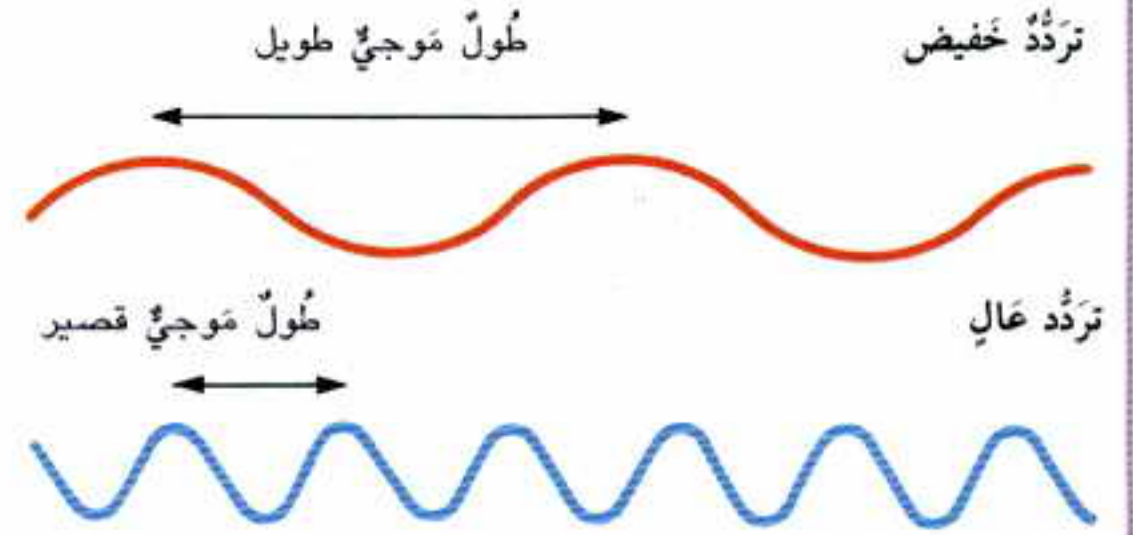
أشعة سينية (أشعة إكس)

أشعة جسيمية (أشعة جاما)

أطوال موجية قصيرة

المعادلة الموجية

سعة الموجة هي ارتفاع ذروتها (أو انخفاض بطنها) عن خط الصفر. والطول الموجي هو المسافة بين ذروتين متتاليتين، والتردد هو عدد الذبذبات (أو التموجات) في الثانية.



تردد خفيض

طول موجي طويل

تردد عال

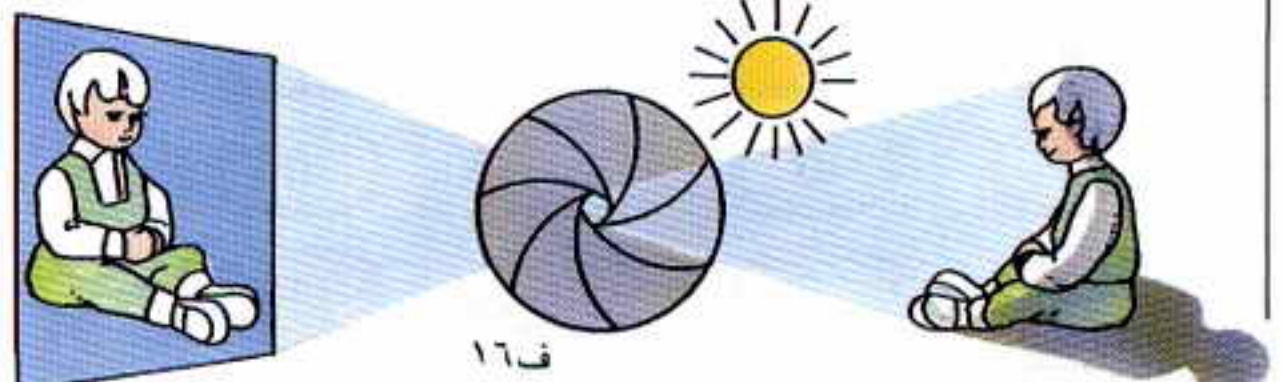
طول موجي قصير

المعادلة الموجية

السرعة الموجية (م/ث) = التردد (هرتز) × الطول الموجي (م)

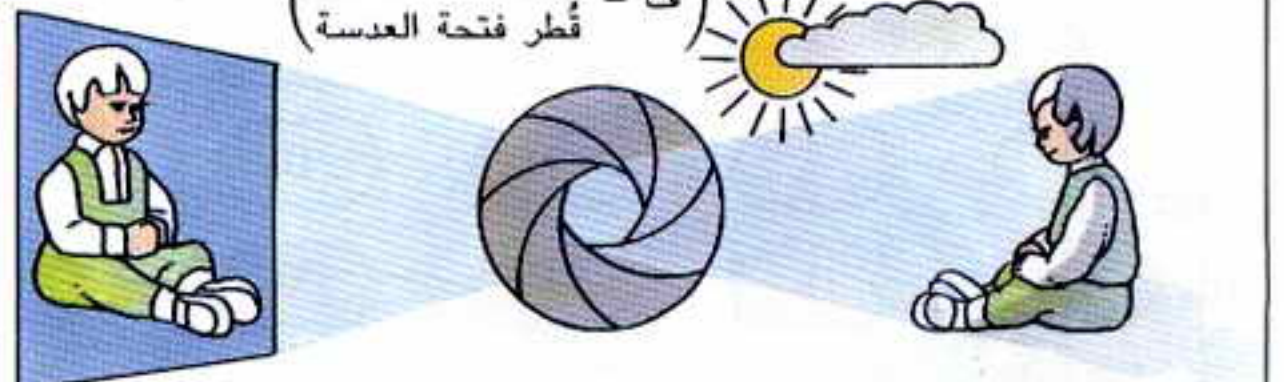
التعريض الفوتوغرافي

يتم تحديد فترة التعريض بالتوفيق بين سرعة الغلق وقطر الفتحة. لكن يمكن الحصول على التعريض الصحيح، في ظروف ضوئية متباينة، بتغيير الفتحة، مع بقاء سرعة الغلق ثابتة على ٢٥٠/١ بفيلم ٢٠٠ آزا (وحدة الجمعية الأمريكية للمقاييس).



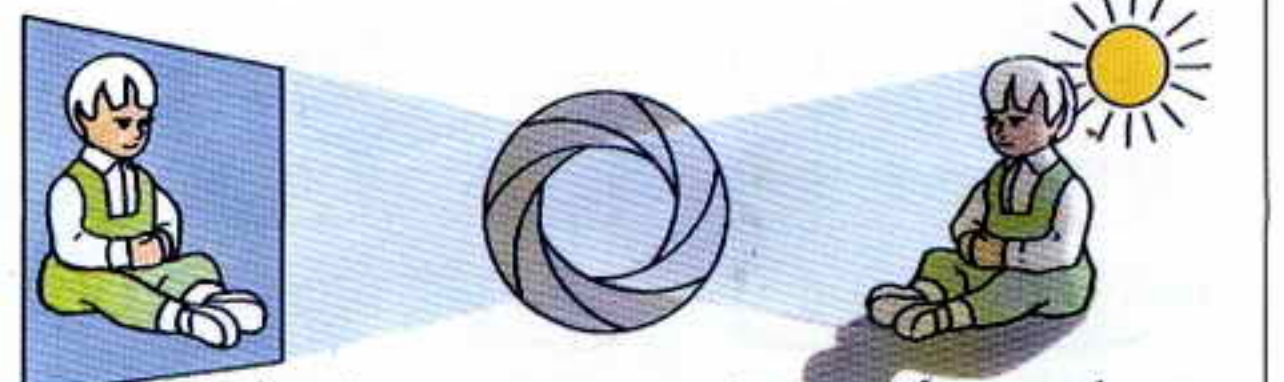
تعريض صحيح

نور الشمس ساطع



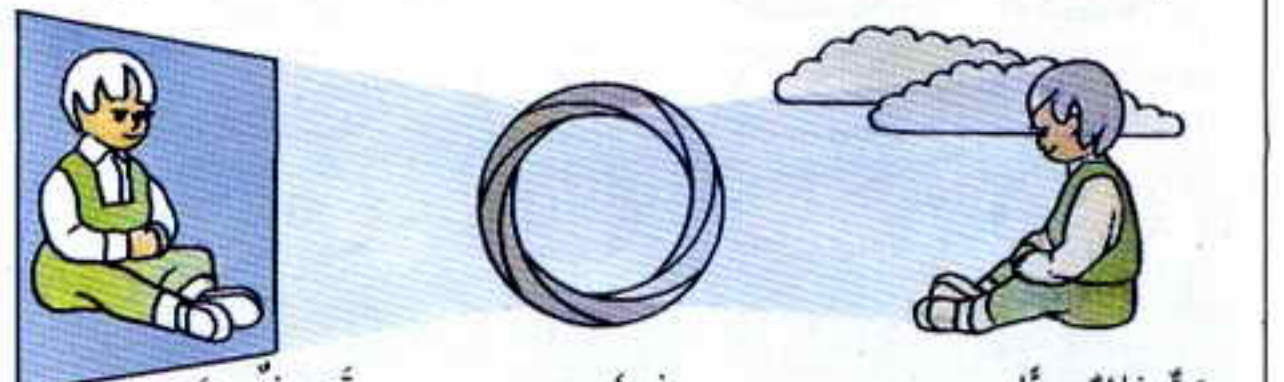
تعريض صحيح

جو غائم جزئياً



تعريض صحيح

الشيء المصور في الظل



تعريض صحيح

جو غائم جداً

* إذا قل الرقم البؤري (ف) تزداد فتحة (أو كوة) العدسة اتساعاً

مُعَامِلُ الانكِسَار

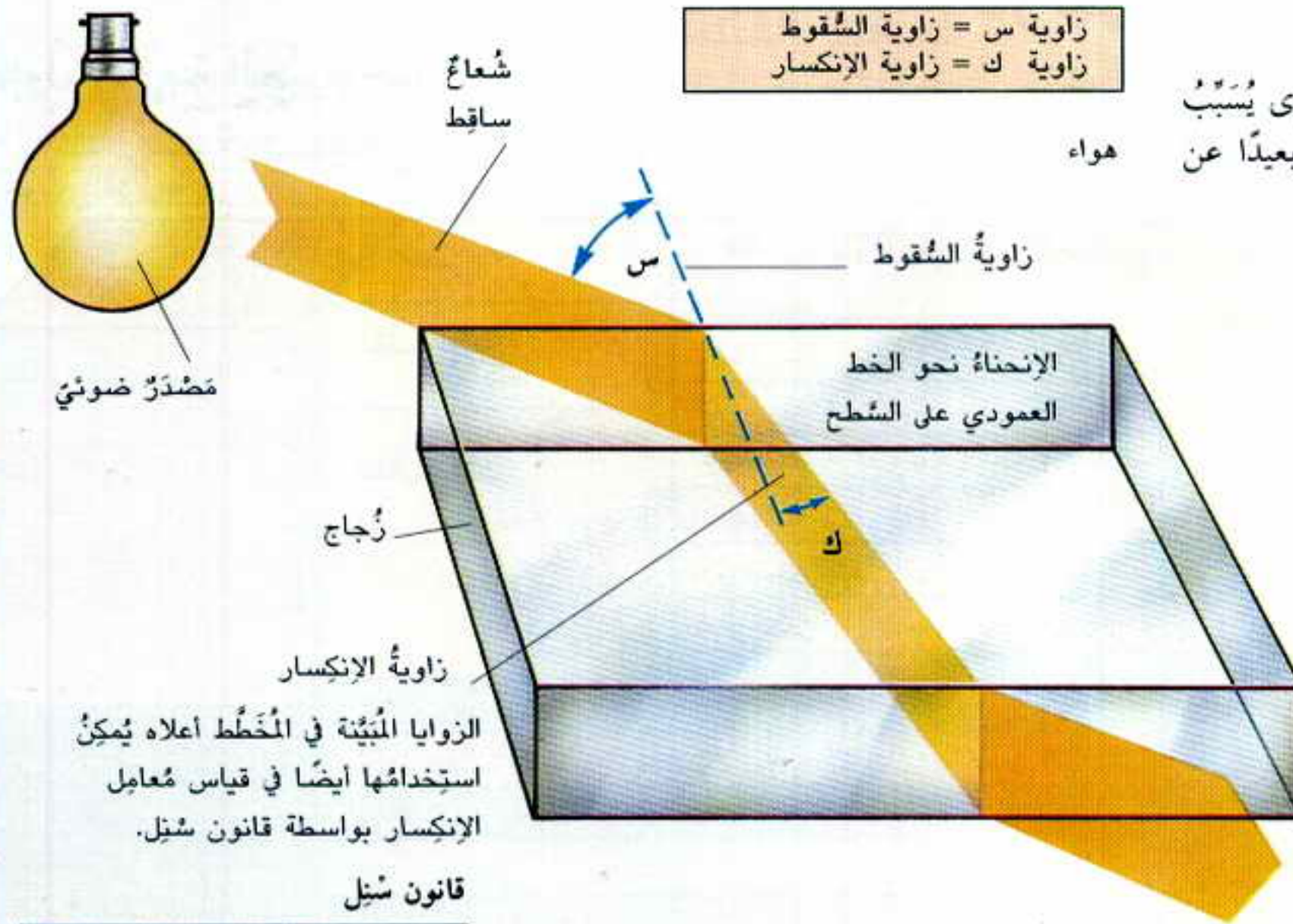
إنَّ تَغْيِيرَ سُرْعَةِ الضَّوْءِ عِنْدَ انْتِقَالِهِ مَائِلًا مِنْ مَادَّةٍ شَفَّافَةٍ إِلَى أُخْرَى يُسَبِّبُ تَغْيِيرًا فِي اتِّجَاهِهِ . وَكُلَّمَا زَادَ هَذَا التَّغْيِيرُ زَادَ انْحِنَاءُ الضَّوْءِ بَعِيدًا عَنْ اتِّجَاهِهِ الْأَصْلِيِّ .

مُعَامِلُ (أو دَلِيلُ) الانكِسَار هو النِّسْبَةُ بَيْنَ سُرْعَةِ الضَّوْءِ فِي الْفَرَاغِ وَشَرْعِيَّتِهِ فِي مَادَّةٍ شَفَّافَةٍ أُخْرَى .

$$\text{مُعَامِلُ الانكِسَار} = \frac{\text{سُرْعَةُ الضَّوْءِ فِي الْفَرَاغِ}}{\text{سُرْعَةُ الضَّوْءِ فِي تِلْكَ الْمَادَّةِ}}$$

مُعَامِلُ انكِسَارِ الْمَاءِ (١,٣٣) هُوَ أَقْلُ مِنْ مُعَامِلِ انكِسَارِ الرُّجَاجِ (١,٥) . وَهَذَا يَعْنِي أَنَّ الضَّوْءَ يُنْطَوُّ أَكْثَرُ ، وَبِالتَّالِي يَكُونُ انْحِنَاؤُهُ أَكْثَرُ ، عِنْدَ مُرُورِهِ فِي الرُّجَاجِ مِنْهُ عِنْدَ مُرُورِهِ فِي الْمَاءِ .

المادة	مُعَامِلُ الانكِسَار	سُرْعَةُ الضَّوْءِ (م/ث)
الهواء	١,٠	٣٠٠٠٠٠٠٠٠
الماء	١,٣٣	٢٢٥٠٠٠٠٠٠
البرشيكس	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الرُّجَاج	١,٥	٢٠٠٠٠٠٠٠٠
الاملاس	٢,٤	١٢٠٠٠٠٠٠٠



الزوايا المَبْنِيَّةُ فِي الْمَخْطُطِ أَعْلَاهُ يُمَكِّنُ اسْتِخْدَامَهَا أَيْضًا فِي قِيَاسِ مُعَامِلِ الانكِسَارِ بِوَسْطَةِ قَانُونِ سَنِلِ .

قانون سنيل

جا س

$$\text{مُعَامِلُ الانكِسَار} = \frac{\text{جا س}}{\text{جا ك}}$$

جا = جيب الزاوية

مَدَى التَّرْدُّدِ لِآلَاتِ مُوسِيقِيَّةٍ

تُصْدِرُ كُلُّ الْآلَاتِ صَوْتًا بِجَعْلٍ شَيْءٍ يَتَذَبَذَبُ أَوْ يَهْتَرُّ فِيهَا . هَذِهِ الْاهْتِرَازَاتُ تَنْتَقِلُ إِلَى أَذَانِنَا مُحْدِثَةً تَغْيِيرَاتٍ سَرِيعَةً فِي ضَغْطِ الْهَوَاءِ مُتَسَاوِقَةً مَعَ دَبْذَبَةِ الْآلَةِ .

الشُّوْكَةُ الرَّئَانَةُ

الشُّوْكَةُ الرَّئَانَةُ تُصْدِرُ نَغْمَةً نَقِيَّةً

أَحَادِيَّةَ التَّرْدُّدِ؛ فِيمَا تُصْدِرُ الْآلَاتُ

الْأُخْرَى، غَالِبًا، عِدَّةَ تَرْدُّدَاتٍ فِي الْوَقْتِ

نَفْسِهِ مُؤَلَّفَةً شَكْلًا مُوجِيًّا مُعَقَّدًا .

الْفُلُوتُ

الصَّوْتُ السَّلْسِلُ النَّقِيُّ لِلْفُلُوتِ يَبِينُ بِالْإِنْعِطَافَاتِ

السَّلْسِلَةِ النَّقُوسِ فِي شَكْلِهَا الْمَوْجِيِّ الْمُنْتَظِمِ .

الْمِرْزَمَارُ

الْأَصْوَاتُ الْغَنِيَّةُ الصَّادِرَةُ عَنِ الْآلَاتِ ذَاتِ

الْأَلْسِنَةِ، كَالْمِرْزَمَارِ، تُضْمُّ تَرْدُّدَاتٍ عَدِيدَةً

أَكْثَرَ بِكَثِيرٍ مِنَ الْأَصْوَاتِ الصَّافِيَةِ

الْصَّادِرَةِ عَنِ الْفُلُوتِ .

الْكَلَارِيْنَتُ

اللِّسَانُ الْأَحَادِي فِي الْكَلَارِيْنَتِ يُصْدِرُ

نَغْمًا خَمِيمًا سَلْسِلًا .

الْكَمَانُ

صَوْتُ الْكَمَانِ الْبَهِيْجِ الْمُسْبَغِ يَضُمُّ عِدَّةَ

تَوَافِقَاتٍ عَالِيَةِ التَّرْدُّدِ تُؤَلَّفُ شَكْلًا

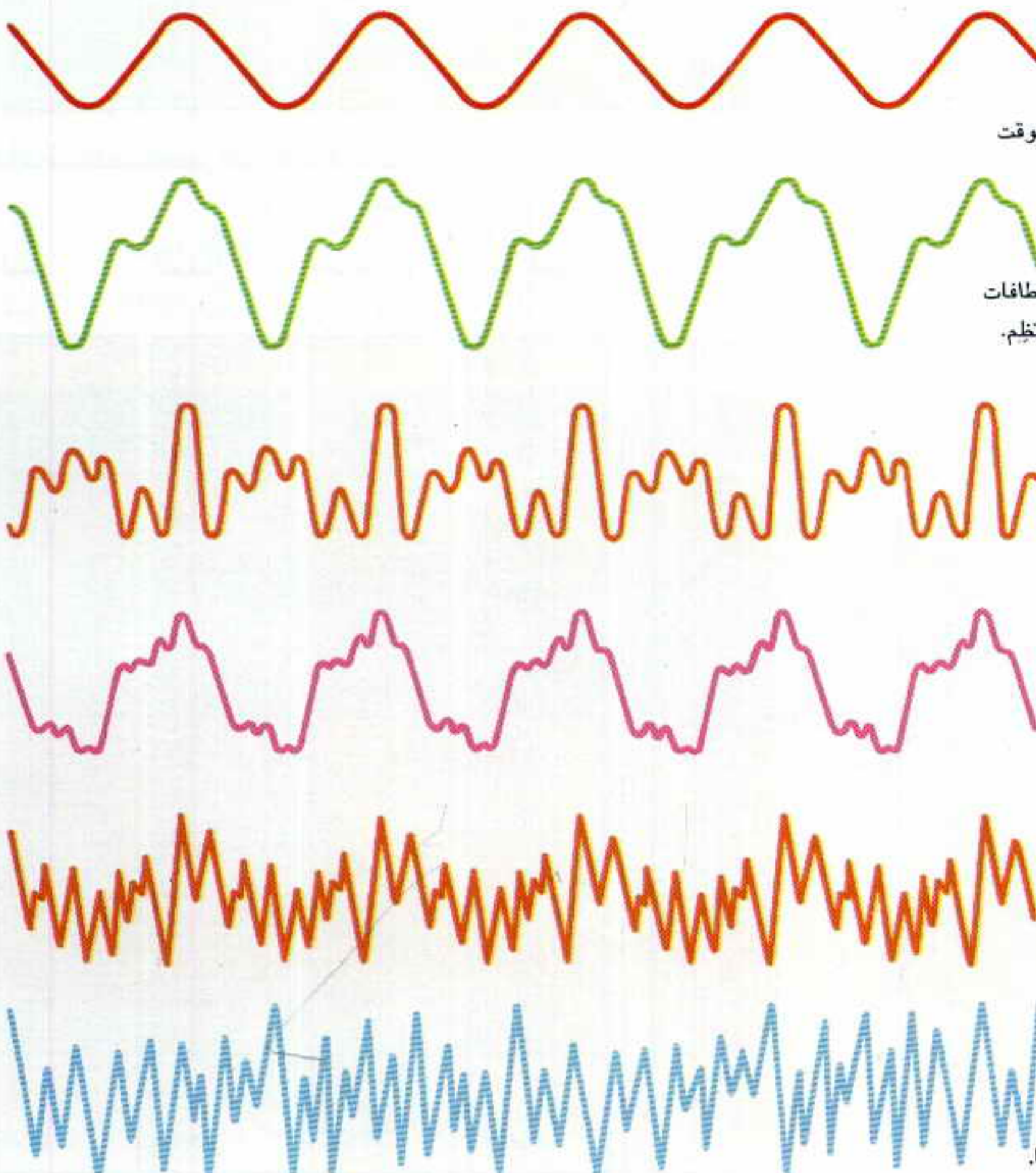
مُوجِيًّا حَادًّا الشَّرْشَرَةِ .

الصَّنَجُ

الصَّوْتُ الصَّدْمِيُّ لِلصَّنَجِ يُمَازِلُ

نَمَطًا مُوجِيًّا مُشْرَشَرًا غَيْرَ مُنْتَظِمٍ،

يَعْلُو وَيَهْبِطُ بِشَكْلِ عَشَوَاتِيٍّ تَقْرِيْبًا .



الأرض

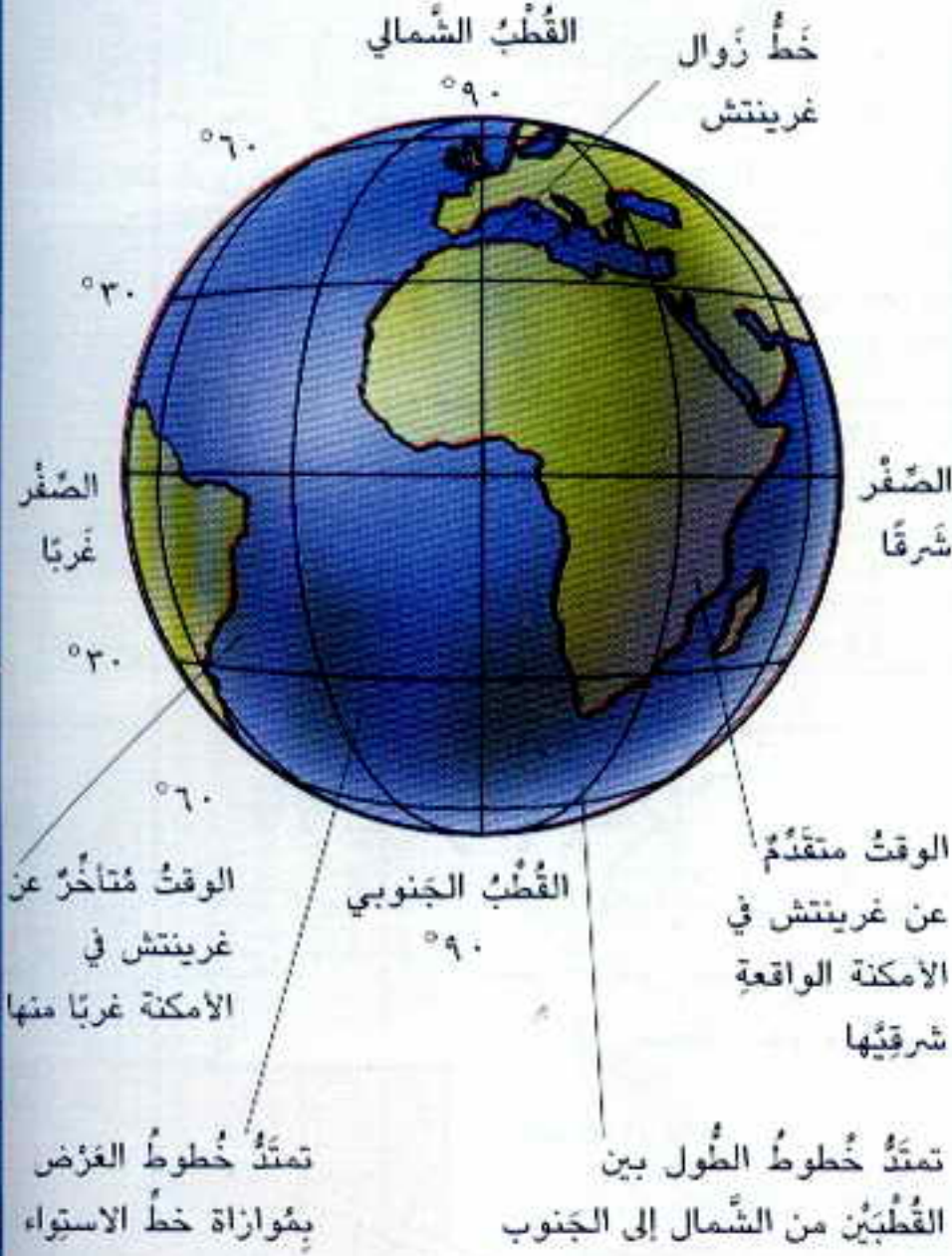
جدول الأزمنة الجيولوجية

هذا الجدول يوجز تاريخ الأرض الذي يُحتسب بدراسة العصور التي تكوّنت فيها طبقات الصخور الرسوبية المتنوعة.

عصر	حقبة	الزمن*
الحقبة الرابعة	الهولوسين	٠,١
	البليستوسين	١,٦
	البليستوسين	٥,٣
	الميوسين	٢٣
	الأوليغوسين	٣٤
	الإيوسين	٥٣
الحقبة الثالثة	الباليوسين	٦٥
	الطباشيري	١٢٥
	الجوراي	٢٠٥
	الثلاثي	٢٥٠
	البرمي	٢٠٠
	الكربوني	٢٥٥
الحقبة الثانية	الديفوني	٤١٠
	السيلوري	٤٢٥
	الأردوفيسي	٥١٠
	الكمبري	٥٧٠
		٤٦٠٠

خطوط الطول والعرض

يقع خط الاستواء على خط العرض صفر°. ويمر خط الطول الصفري بمدينة غرينتش قرب لندن، بإنجلترا. وتحتسب مواقع الأمكنة بدرجات العرض والطول؛ وتقسّم كل درجة إلى ٦٠ دقيقة.

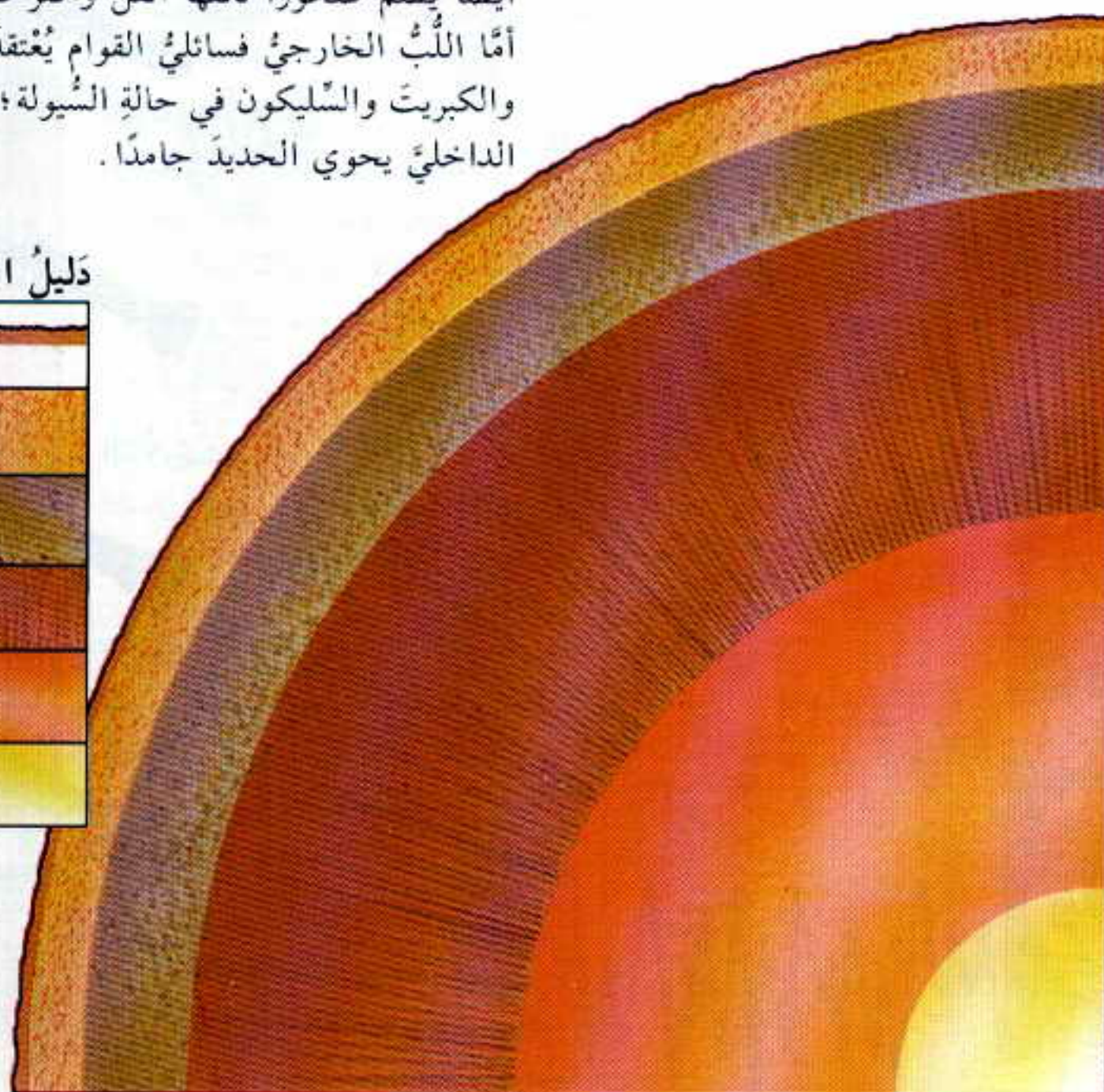


بنية الأرض

تشمل بنية الأرض أربع طبقات. الطبقة الخارجية، أو القشرة، تتألف من أنماط صخرية مختلفة كالبازلت والگرانيت. والدثار أيضا يضم صخورا لكنها أثقل وأكثر قتامة من صخور القشرة. أما اللب الخارجي فسانلي القوام يُعتقد أنه يحوي الحديد والكبريت والسليكون في حالة السيولة؛ في حين يرجح أن اللب الداخلي يحوي الحديد جامداً.

دليل الألوان

القشرة	
الدثار العلوي	
منطقة تحول	
الدثار	
اللب الخارجي	
اللب	



العمق (كم)	الضغط (ك بار)	الكثافة (كغ / م³)	درجة الحرارة (س°)
٥٠٠	١٥٠	٣٠٠٠	٥٠٠
٤٠٠	١٥٠	٣٥٠٠	١٧٥٠
١٠٠٠	٣٢٥	٤٥٠٠	٢٠٠٠
٢٩٠٠	١٤٢٥	١٠٠٠٠	٣٠٠٠
٥١٠٠	٣٣٠٠	١٢١٠٠	٣٦٠٠
٦٣٠٠	٣٧٥٠	١٢١٠٠	٤٠٠٠

مقياس «مُوَهز» للصّلادة

ابتكر عالم المعادن الألماني، فريدريخ موهز، جدولاً معيارياً لقياس الصّلادة بالمقارنة مع صلادة عشرة معادن مختارة. تزداد صلادة المعدن بازدياد رقم صلادة - أي إن كل معدن يَخْدِشُ المعدن ذات الأرقام الأقل من رقم صلادة.

		
صلادة الظفر - حوالي ٢,٥	٦ - الأرثوكلاز	١ - الطلق
		
صلادة قطعة نقد نحاسية ٥,٥	٧ - الكوارتز	٢ - الجبس
		
صلادة المطواة - (فتستطيع خدش الأباتيث وليس الأرثوكلاز).	٨ - التوباز	٣ - الكلسيت
		
		
	٩ - الكورندم	٤ - الفلوريت
		
	١٠ - الالماس	٥ - الأباتيث

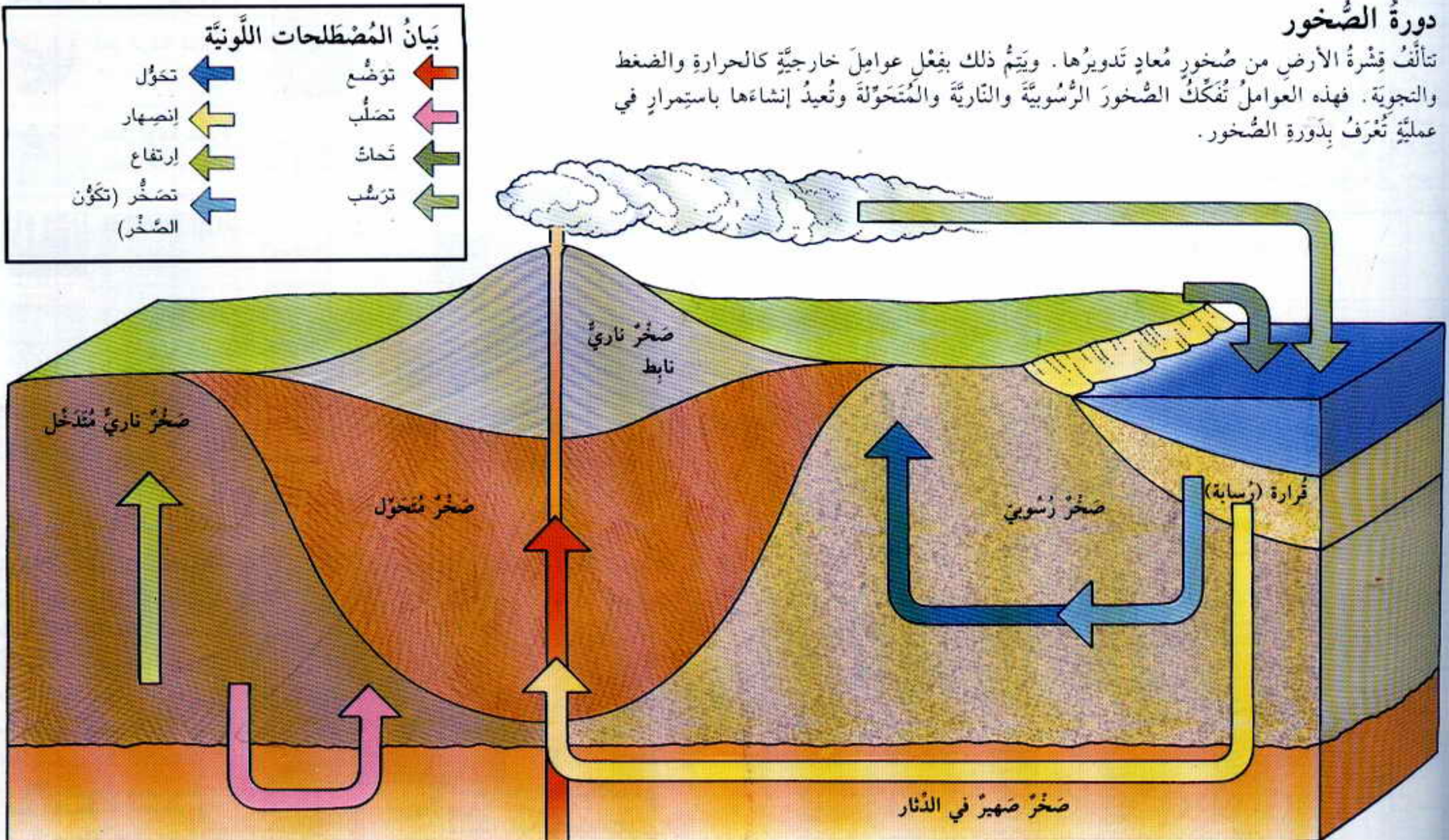
الصّخور الشائعة

الصّخور التي تولّف الأرض إما نارية (بركانية) أو رسوبية أو متحوّلة. تنشأ الصّخور النارية من تصلّب الصّهارة (الصخر المنصهر). وتشكّل الصّخور الرسوبية من كسارة الصخر والرمل والغرين الملتحمة بضغط الطبقات فوقها. وتتكوّن الصّخور المتحوّلة بتغيّر المحتوى المعدني للصخر بتأثير الحرارة والضغط. وفي ما يلي عشرة أمثلة شائعة من كل نوع:

ناري	رسوبي	متحول
غرانيت	حجر جيري	أردواز
أسواني	دولوميت	فيليت
جائرو	حجر رملي	شست
دولزيت	كونجلومرات (رصيص)	نايس
بازلت	برشيا (بريشة)	هورنفلس (صخور قرنية)
انديريت	رُسابة البخر (إفايوريت)	رُخام
سبجي (أبسيدي)	حجر غريني	كوارتزيت (مرويت)
ديوريت	حجر طيني	ميجماتيت
صخر يورغيري (سقاقي)	طفل (طين صفحي متحجر)	امفيبوليت (الحاثرات)
زئوليت	صلصال	تاكتيت

دورة الصّخور

تتألّف قشرة الأرض من صخور مُعاد تدويرها. ويتم ذلك بفعل عوامل خارجية كالحرارة والضغط والتجوية. فهذه العوامل تُفكّك الصّخور الرسوبية والنارية والمتحوّلة وتعيد إنشاءها باستمرار في عملية تُعرف بدورة الصّخور.



الطقس

مُنظمة الأرصاد العالمية

تتألف مُنظمة الأرصاد العالمية من شبكة تضم قُربة ١٠,٠٠٠ محطة أرصاد جوية دائمة في سائر أنحاء العالم. وتتوالى التقارير من هذه المحطات تلفونيًا كل ثلاث ساعات (تُدعى ساعات الرصد الآن) إلى ثلاثة عشر مركزًا رئيسيًا لرصد الطقس تظهر على خريطة العالم المبيّنة جانبًا. وتقوم هذه المراكز بتحويل المعلومات التي تصلها عن الطقس باستمرار إلى جميع بلدان العالم لتُعيد نشراتها وتنبؤاتها الجوية.

أحوال جوية قصوى

يُبين الجدول التالي الأحوال الجوية القصوى المسجلة حول العالم. الظروف القصوى هي في بعض الأماكن جزء من النمط المعتاد في تلك الأصقاع. وفي أماكن أخرى تقطع ظروف، كالفَيضانات أو الجفاف، النمط المعتاد.

تساقط الثلج الأعظم

(في ١٢ شهرًا) ٣١١٠٢ ملم، من ١٩٧١/٢/١٩ إلى ١٩٧٢/٢/١٨؛ وذلك في بَرَدَيْس، جبل ريشير في ولاية واشنطن، بالولايات المتحدة.

تهطل المطر الأعظم

(في ٢٤ ساعة) ١٨٧٠ ملم، من ٣/١٥ إلى ١٩٥٢/٣/١٦، في سيلوس، ريتون، بالمحيط الهندي.

فترة الجفاف القصوى

(معدل المطر السنوي) صفر في صحراء أنكاما، قرب كالاما، بالشيلي. استمر الجفاف ٤٠٠ سنة حتى عام ١٩٧٢.

أعلى سرعة رياح سطحية

٣٧١ كم/سا، على جبل واشنطن (ارتفاعه ١٩١٦ م) في نيوهايمشير، بالولايات المتحدة بتاريخ ١٢/٤/١٩٣٤.

شع الشمس الأقصى

٩٧٪ (لاكثر من ٤٣٠٠ ساعة) في الصحراء الشرقية.

شع الشمس الأدنى

صفر، في القطب الشمالي، حيث يستمر فصل الشتاء ١٨٢ يومًا.

أعلى درجة حرارة في الظل

٥٨°س، في الغريزي (ارتفاعها ١١١ م)، ليبيا في ١٣/٩/١٩٢٢.

المكان الأشد حرارة

(المعدل السنوي) ٣٤.٤°س في تلؤل، الخبشة.

المكان الأكثر برودة

(المعدل المقيس الأبرد) -٨٩°س في محطة بِلانوث، في القارة القطبية الجنوبية.

الأيام الممطرة الأكثر

(في السنة) حتى ٣٥٠ يومًا في السنة، في جبل واي إيلالي (ارتفاعه ١٥٦٩ م) في كاونا، هاواي.

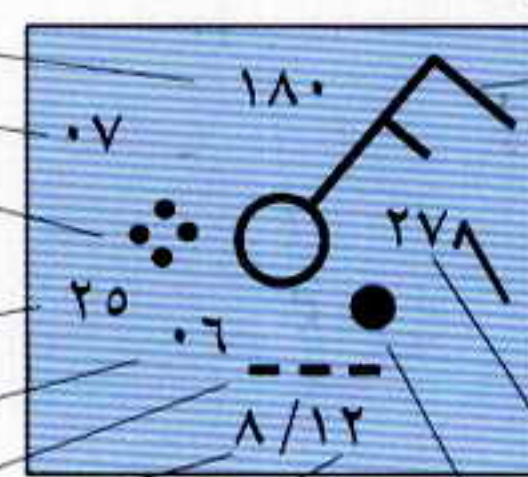
المكان الأعصف رياحا

تبلغ سرعة العواصف ٣٢٠ كم/سا، في خليج الكوشنولت، ساجل جورج الخامس، القارة القطبية الجنوبية.

قراءة خرائط الطقس

أشبه الرياح تشير إلى اتجاه مهبّ الرياح. رِيح شمالية شرقية معتدلة. الريشات على الأسهم تُبين سرعة الرياح بحيث إن كل نصف علامة يساوي ٩.٥ كم/سا وكل علامة كاملة تساوي ١٩ كم/سا.

هبط الضغط ٢.٧ مليبار في الـ ٣ ساعات الأخيرة
مطر في الساعة الماضية
قاعدة الغيم: ٤٠٠ م
سحاب طبقي
الغطاء الغيمي تام
نقطة الندى: ٦°س
مدى الرؤية: ٢.٥ كم
أمطار غزيرة مستمرة
الطقس حاليًا:
درجة الحرارة: ٧°س
ضغط الهواء: ١٠١٨ مليبار



رموز خرائط الطقس

يستخدم الأرصاديون قائمة من الرموز لبيان الطقس وسرعة الرياح. والرموز المبيّنة أدناه مُعتمدة عالميًا. فمتى رُسمت على خرائط الطقس فإنها تُوفّر معلومات أساسية تُستخدم في إعداد نشرات وتنبؤات الأحوال الجوية. ويستخدم مذيعو نشرات الأحوال الجوية التلفزيونية نسخًا مبسطة من هذه الرموز.

شائيرة (ضباب خفيف)	ضباب	رذاذ
مطر	مطر ورذاذ	مطر وثلج
ثلج	وايل مطر	مطر ووايل ثلج
وايل ثلج	وايل برد	عاصفة رعدية
جبهة باردة	جبهة دافئة	جبهة مُرتبة
رياح من الخفيفة إلى العاصفة	رياح هادئة	نوء (اعصار)

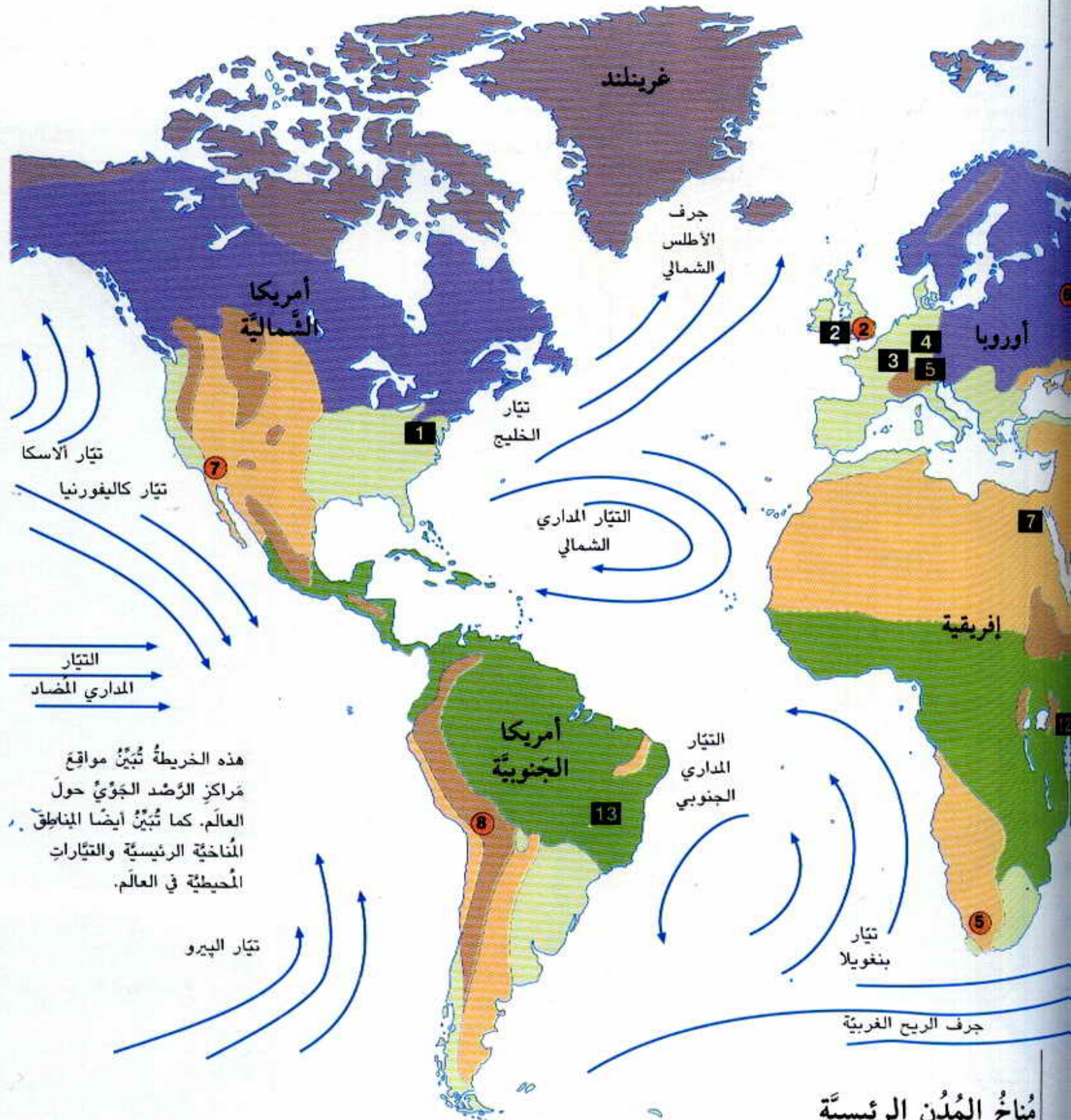
مَرَاكِزُ رَصدِ الطَّقْسِ

مَوَاقِعُ الثَّلَاثَةِ عَشَرَ مَرَكِزًا لِرَصدِ
الطَّقْسِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ؛
وَهَذِهِ الْمَوَاقِعُ هِيَ:

- ١ واشنطن العاصمة، الولايات المتحدة
- ٢ براكنيل، المملكة المتحدة
- ٣ باريس، فرنسا
- ٤ أوفنباخ، ألمانيا
- ٥ بُّرَاغ، تشيكوسلوفاكيا
- ٦ موشكو، روسيا
- ٧ القاهرة، مصر
- ٨ نيودلهي، الهند
- ٩ بيجين، الصين
- ١٠ طوكيو، اليابان
- ١١ ملبورن، أستراليا
- ١٢ نيروبي، كينيا
- ١٣ برازيليا، البرازيل



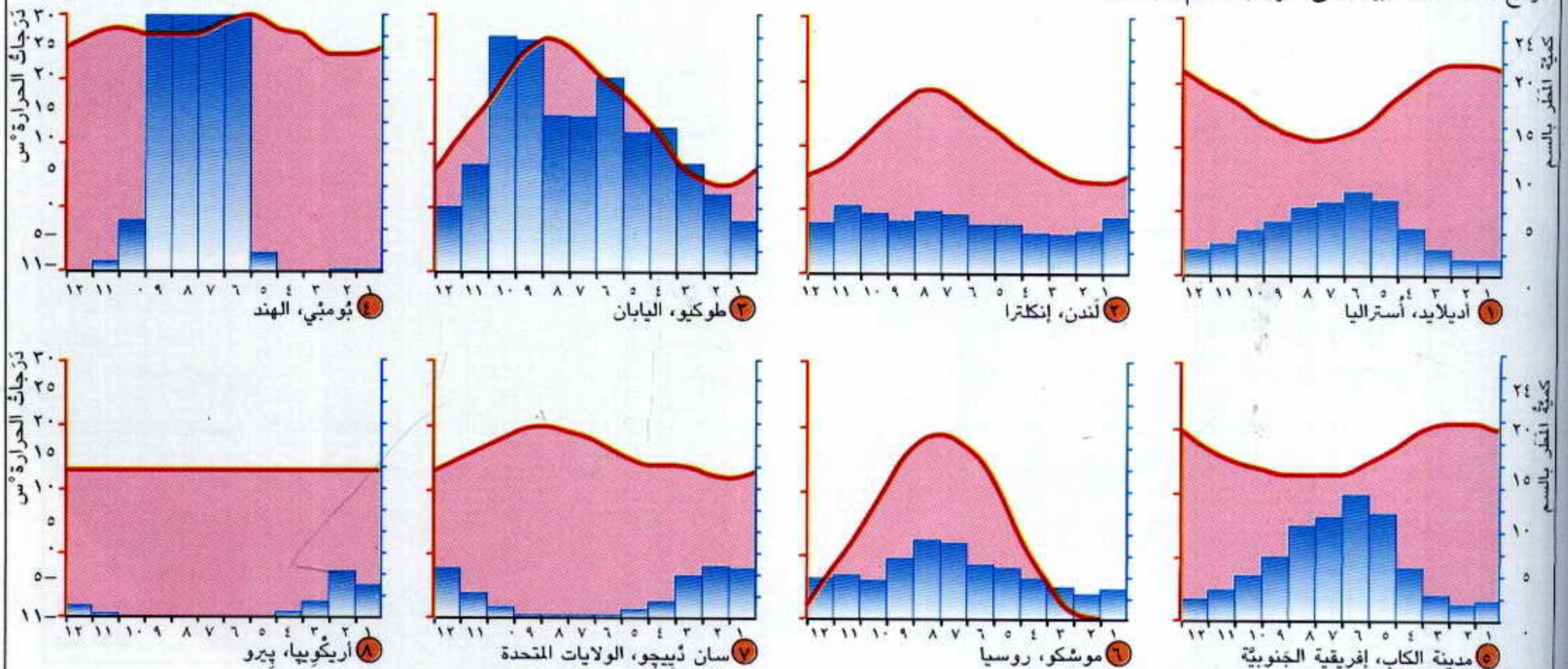
تِيَارَاتُ مَحِيطِيَّة



هذه الخريطة تُبَيِّنُ مَوَاقِعَ
مَرَاكِزِ الرِّصدِ الجَوِّيِّ حَوْلَ
العَالَمِ. كَمَا تُبَيِّنُ أَيْضًا الْمَنَاطِقَ
المُنَاحِيَّةَ الرَّئِيسِيَّةَ وَالتَّيَّارَاتِ
المَحِيطِيَّةَ فِي الْعَالَمِ.

مُنَاحُ الْمُدُنِ الرَّئِيسِيَّةِ

الرُّسُومُ البَيَانِيَّةُ أَدَانَا تُبَيِّنُ الْمُعْدَّلَاتِ الإحصائيَّةَ لِدَرَجَاتِ الْحَرَارَةِ وَكَمِّيَّاتِ الْمَطَرِ لِمُدُنٍ مُخْتَلِفَةٍ حَوْلَ الْعَالَمِ
(مَوَاقِعُ هَذِهِ الْمُدُنِ مُبَيَّنَةٌ عَلَى خَرِيطَةِ الْعَالَمِ أَعْلَاهُ).



الْفَضَاء

أَلْمَعُ النُّجُوم

يُقَاسُ لَمْعَانُ النجم بِالْقَدْرِ الْمُحَدَّدِ لَهُ . وَكُلَّمَا انخَفَضَ الْقَدْرُ كَانَ النجمُ أَلْمَعُ ، بِحَيْثُ إِنَّ لَمْعَانَ نجمٍ مِنْ قَدْرِ مُعَيَّنٍ يَزِيدُ مَرَّتَيْنِ وَنِصْفًا عَلَى لَمْعَانِ نجمٍ مِنْ الْقَدْرِ الَّذِي يَلِيهِ كَمَا يَبْدُوَانِ مِنَ الْأَرْضِ . أَمَّا الْقَدْرُ الْمُطْلَقُ فَهُوَ كَمِيَّةُ الضَّوءِ الَّتِي يَبْتَعِثُهَا النجمُ فِعْلًا .

الاسم	القَدْرُ الظاهري	القَدْرُ المطلق	البُعدُ عن الشَّمْسِ (بِالسَّنِينَ الضَّوئية)
الشَّعْرَى اليمانيَّة	- ١,٤٦	+ ١,٤	٨,٦٥
شَهِيل	- ٠,٧٣	- ٤,٦	١٢٠٠
خَضَار	- ٠,١	+ ٤,١	٤,٣٨
السَّمَكَ الرَّامِح	- ٠,٠٦	- ٠,٣	٣٦
النَّشْرُ الواقع	+ ٠,٠٤	+ ٠,٥	٢٦
العُقُوق	+ ٠,٠٨	- ٠,٥	٤٢
رِجْلُ الجَبَّار	+ ٠,١٠	- ٧,٠	٩٠٠
الشَّعْرَى الشَّامِيَّة	+ ٠,٣٥	+ ٢,٦	١١,٤
مَنْكِبُ (أو إِبْطُ) الجُوزَاء	+ ٠,٤٩	- ٥,٧ (مُنْعَرِف)	٣١٠
أَجْرُ النُّهَر	+ ٠,٥١	- ٢,٥	١١٧
الْوَرْن	+ ٠,٦٣	- ٤,٦	٤٩٠
النَّشْرُ الطائر (الطير)	+ ٠,٧٧	+ ٢,٣	١٦
الدُّنْران (عِرُّ الثَّور)	+ ٠,٨٥	- ٠,٧	٦٩
نَيرُ نُعَيْم (الصَّليب الجنوبي)	+ ٠,٩٠	- ٣,٧	٣٧٠
قَلْبُ العَقْرَب	+ ٠,٩٢	- ٤,٥	٤٣٠
السَّمَكَ الْأَعَزْل (السُّنْبُلَة)	+ ٠,٩٦	- ٣,٦	٢٦٠
رَأْسُ التَّوَامِ الْمُؤَخَّر	+ ١,١٥	+ ١,٠	٣٥
فَمُّ الحوت	+ ١,١٦	+ ١,٩	٢٣
ذَنْبُ الْأَسَد (الذَّنْب)	+ ١,٢٥	- ٧,١	١٨٠٠
نَيرُ نُعَيْم الثَّانِي	+ ١,٢٥	- ٥,١	٤٨٩
قَلْبُ الْأَسَد	+ ١,٣٥	- ٠,٧	٨٥
الْعَذَارَى	+ ١,٥٠	- ٤,٤	٦٨١

الشَّمْسُ

الشَّمْسُ أَسْطَعُ النُّجُومِ فِي سَمَانِنَا بِلا مُنَازَعٍ بِسَبَبِ قُرْبِهَا مِنَ الْأَرْضِ . وَحَيْثُ إِنَّ ضَوْءَ الشَّمْسِ يَسْتَعْرِقُ ٨,٣ دَقَاقَتَيْنِ لِيَصِلَ إِلَيْنَا ، فَإِنَّ الشَّمْسَ الَّتِي نَرَاهَا هِيَ الشَّمْسُ قَبْلَ ٨,٣ دَقَاقَتَيْنِ .

كُتْلَةُ الشَّمْسِ $1,99 \times 10^{33}$ غ

درجَةُ حرارتِها السَّطْحِيَّة ٦٠٠٠°س

درجَةُ حرارَةِ لُبِّها ١٤٠٠٠٠٠°س

قَطْرُها ١٣٩٢٠٠٠ كم



أَعْظَمُ الرُّجْمِ

الاسم	البلد	الوَزْنُ التقريبي بالطن
هُوبَا وَشْت	جَنُوب غَرْبِ إِفْرِيقِيَّة	٦٠
خَيْمَةُ الْأَبْنِيغِيَتُو	جَرِينْلَنْد	٣٠,٤
بَاكْيُوبَرِيَتُو	الْمَكْسِيك	٢٧
أَمْبُوسِي	تَنْزَانِيَا	٢٦
أَجْبَالِك	غَرْبِ جَرِينْلَنْد	٢٠,١
أَرْمَنْتِي	جُمْهُورِيَّةُ مُونْغُولِيَا الشَّعْبِيَّة	٢٠
تَشُوبَايَرُوس	الْمَكْسِيك	١٤
وِيلَامِيَت	الْوِلَايَاتُ الْمُتَّحِدَة	١٤
كَايْمُو دِلْ سِييَلُو	الْأَرْجَنْتِين	١٣
مَنْدَرَابِلَا	أُسْتْرَالِيَا	١٢

الْكُوكِبُ السَّيَّارَة

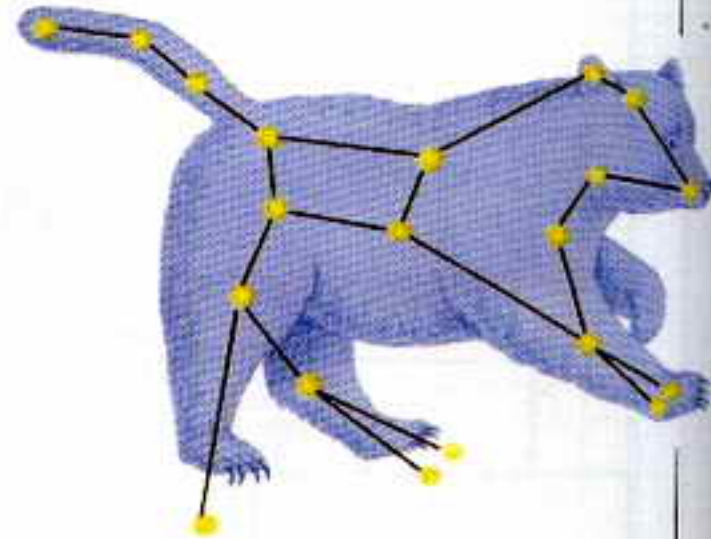
هَنَالِك تَسْعُ سَيَّارَاتُ فِي النِّظَامِ الشَّمْسِيِّ تَقَعُ فِي مَجْمُوعَتَيْنِ تَقْرِيبًا . الْمَجْمُوعَة الْأَقْرَبُ إِلَى الشَّمْسِ هِيَ الْكُوكِبُ الصَّخْرِيَّةُ الْأَرْبَعَة - عُطَارِدُ وَالزُّهْرَة وَالْأَرْضُ وَالْمَرْيَخُ . وَتَضُمُّ الْمَجْمُوعَة الْأَبْعَدُ الْعَمَالِقَة الْغَازِيَّةَ وَهِيَ الْمُسْتَرِي وَزُحَلُ

وَأُورَانُوسُ وَنِپْتُونُ . أَمَّا پلُوتُو فَهُوَ الْكُوكِبُ التَّاسِعُ الشَّدَادُ ، إِذْ إِنَّهُ أَصْغَرُ الْكُوكِبِ السَّيَّارَةِ وَيَتَأَلَّفُ مِنْ صَخَرٍ وَجَلِيدٍ .

الْكُوكِبُ	عُطَارِدُ	الزُّهْرَة	الْأَرْضُ	الْمَرْيَخُ	الْمُسْتَرِي	زُحَلُ	أُورَانُوسُ	نِپْتُونُ	پلُوتُو
البُعدُ عَنِ الشَّمْسِ بِمِلَايِينِ الْكِيلُومِتَرَات	٥٧,٩	١٠٨,٢	١٤٩,٦	٢٢٧,٩	٧٧٨,٣	١٤٢٧	٢٨٧٠	٤٤٩٧	٥٩١٣
الْقَطْرُ الْأَسْتَوَانِي (بِالْكِيلُومِتَر)	٤٨٧٩	١٢١٠,٤	١٢٧٥٦	٦٧٨٦	١٤٢٩٨٤	١٢٠٥٣٦	٥١١١٨	٤٩٥٢٨	٢٢٨٤
الْكُتْلَة (الْأَرْضُ = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٢	١	٠,١٠٧	٣١٨	٩٥	١٤,٥	١٧	٠,٠٠٢
الحَجْمُ (الْأَرْضُ = ١)	٠,٠٥٦	٠,٨٦	١	٠,١٥	١٣١٩	٧٤٤	٦٧	٥٧	٠,٠١
درجَة حرارَة السَّطْح (°س)	١٨٠ -	٤٨٠ +	٧٠ -	١٢٠ -	١٥٠ -	١٨٠ -	٢١٤ -	٢٢٠ -	٢٣٠ -
جاذِبِيَّةُ السَّطْح (الْأَرْضُ = ١)	٠,٢٨	٠,٩	١	٠,٣٨	٢,٦٤	٠,٩٢٥	٠,٧٩	١,١٢	٠,٠٥
زَمَنُ الدَّوْرَانِ حَوْلَ الشَّمْسِ (سَنَة الْكُوكِبِ)	٨٧,٩٧ يَوْمًا	٢٢٤,٧ يَوْمًا	٣٦٥,٢٦ يَوْمًا	٦٨٦,٩٨ يَوْمًا	١١,٨٦ سَنَة	٢٩,٤٦ سَنَة	٨٤,٠١ سَنَة	١٦٤,٨ سَنَة	٢٤٨,٥ سَنَة
زَمَنُ التَّدْوِيمَةِ الْكَامِلَةِ (يَوْمُ الْكُوكِبِ)	٥٨,٦٥ يَوْمًا	٢٤٣,٠١ يَوْمًا	٢٣ سا ٥٦ د ٤ ث	٢٤ سا ٣٧ د ٢٣ ث	٩ سا ٥٥ د ٣٠ ث	١٠ سا ٣٩ د ١٠ ث	١٧ سا ١٤ د ١٧ ث	١٦ سا ٧ د ١٦ ث	٦ أيام ٩ س
السَّرْعَةُ الْمَدَارِيَّةُ (كَم/ث)	٤٧,٩	٣٥	٢٩,٨	٢٤,١	١٣,١	٩,٦	٦,٨	٥,٤	٤,٧
عَدَدُ الْأَقْمَارِ	-	-	١	٢	١٦	١٨	١٥	٨	١

الكَوَكَبَات

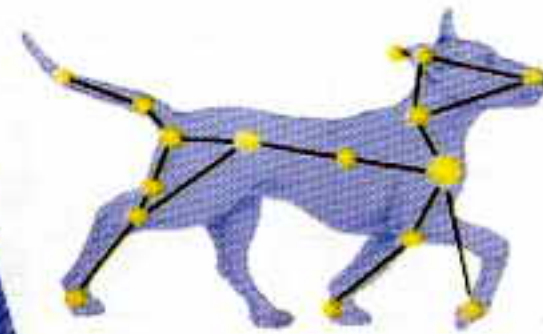
سماء الأرض مُرَصَّعةٌ بحوالى ٦٠٠٠ نجم يُمكنُ رؤيتها بالعين المُجرَّدة .
والنجومُ التي تَراها تَعتَمِدُ على مَوقِعِكَ على سَطْحِ الأرض وعلى ذلك
الوقت من السَّنة . وَتُبيِّنُ الخَريطَتان المُرَفَّقَتان النجومَ التي يُمكنُ
رؤيتها من نِصْفَي الكُرَّةِ الشَّمالي والجنوبي . وَنَتيجَةُ لَتَدْوِيمِ
الأرض تَبْدُو النجومُ كأنَّها تَتَحَرَّكُ عِبرَ السَّماءِ ، لَذا يَنبَغِي
تَدْوِيرُ هَذِهِ الخَرائِطُ أَيْضًا . فَالنجومُ الواقِعَةُ في وَسَطِ
الخَريطَتَينِ ، تَظَلُّ تُرَى على مَدَارِ السَّنة ، أَمَّا تِلْكَ الواقِعَةُ
على الحَوافِّ فَتُرَى فَقَطْ في أَوَقاتٍ مُعَيَّنَةٍ من السَّنة .



الدُّبُّ الْأَكْبَرُ
تَقُولُ أُسْطُورَةٌ
يُونَانِيَّةٌ إِنَّهَا امْرَأَةٌ
جَمِيلَةٌ حَوَّلَتْهَا إِلَاهَةٌ
غَيَّرَ إِلَى دُبٍّ.



القرسُ الأعظمُ
تتخذُ هذه الكوكبةُ شكلَ حصانٍ
مُجنَّح. وفي الأساطير اليونانية، أنها
حصانٌ قَفَرٌ من دماء هُولَة تُدعى
مِدوزا، بعد أن قَتَلها فِرساؤس.



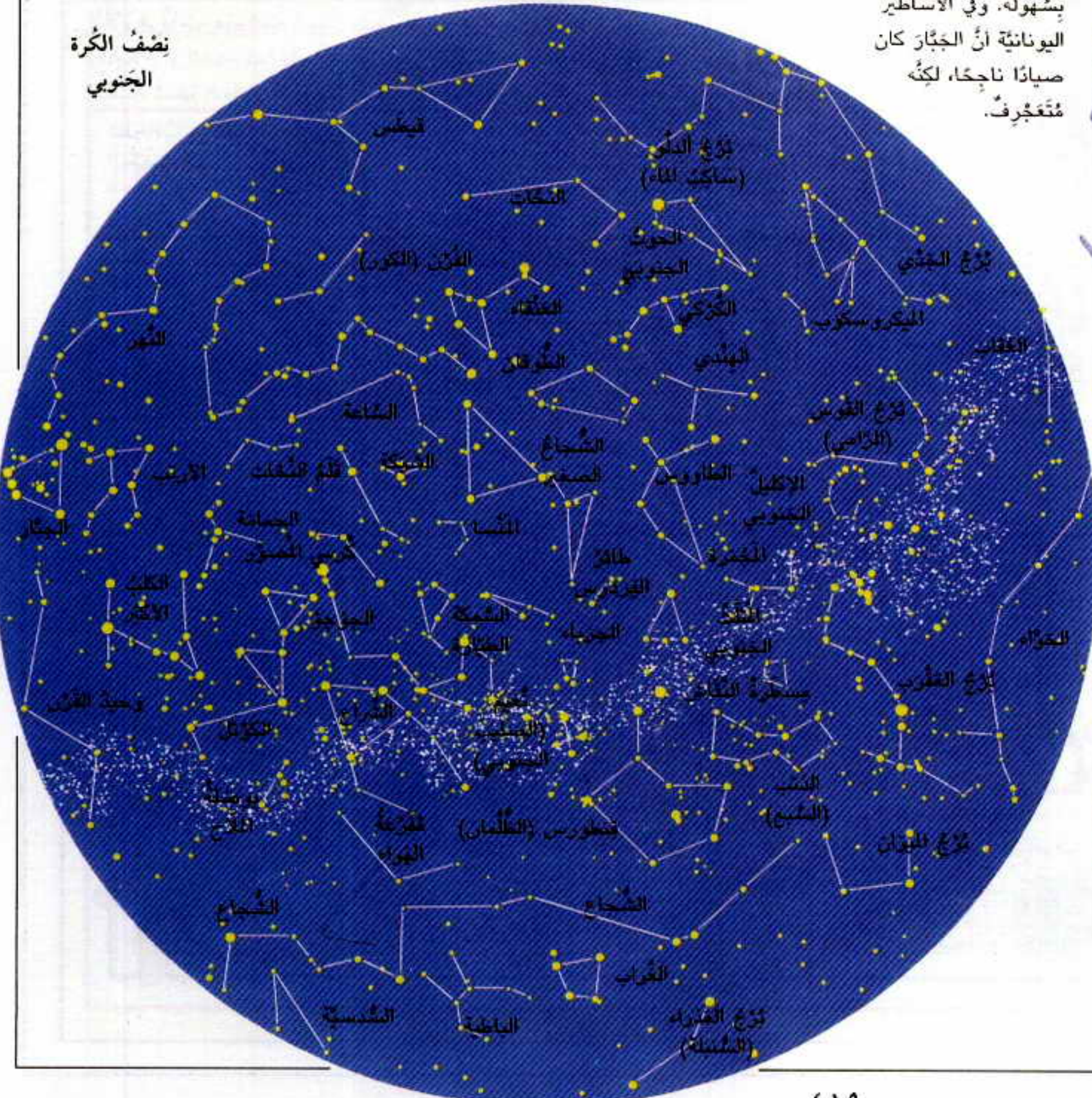
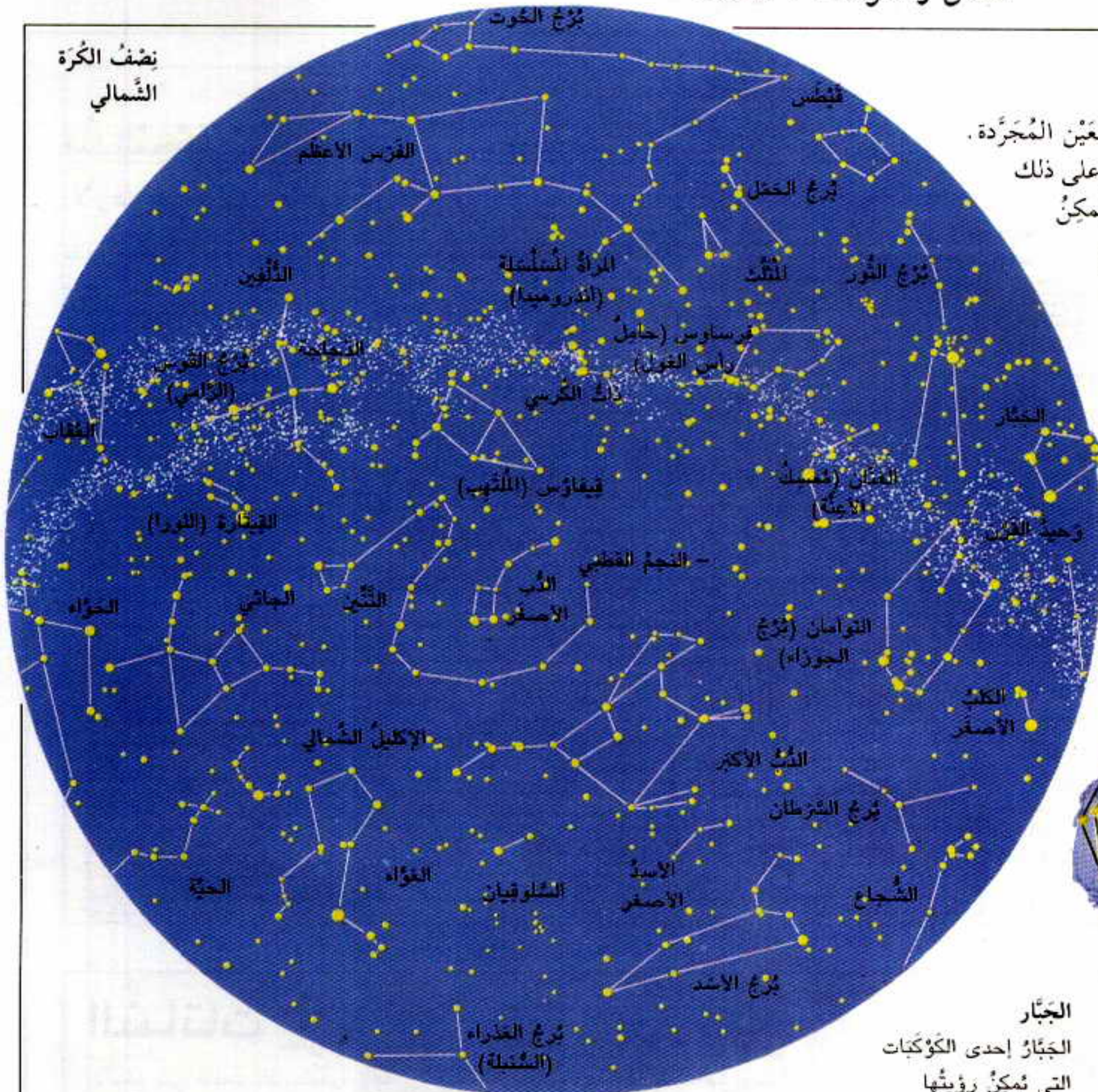
الكلب الأكبر
هذه الكوكبة تُمثِّل أحد الكَلْبين
المُطَبَّقِي فُوكُكُهُمَا على عَقِي
الجَبَّار. والشَّعْرَى اليمَانِيَّة، المَع
نَجْم في السَّمَاء، هي إحدى
النُجُوم التي تُولَد هذه
الكوكبة.



قِنطُورِس
سُبَّيْرُ الكَوْكَبُ الكائن
الأسطوري قِنطُور الذي
نُصِفُه الأعلى إنسانٌ
والأسفلُ حصان.
وهي تَصُمُّ الظُّلَمَانِ
القريب، أقربُ نجمٍ إلى
الأرض (عدا الشَّمْس).



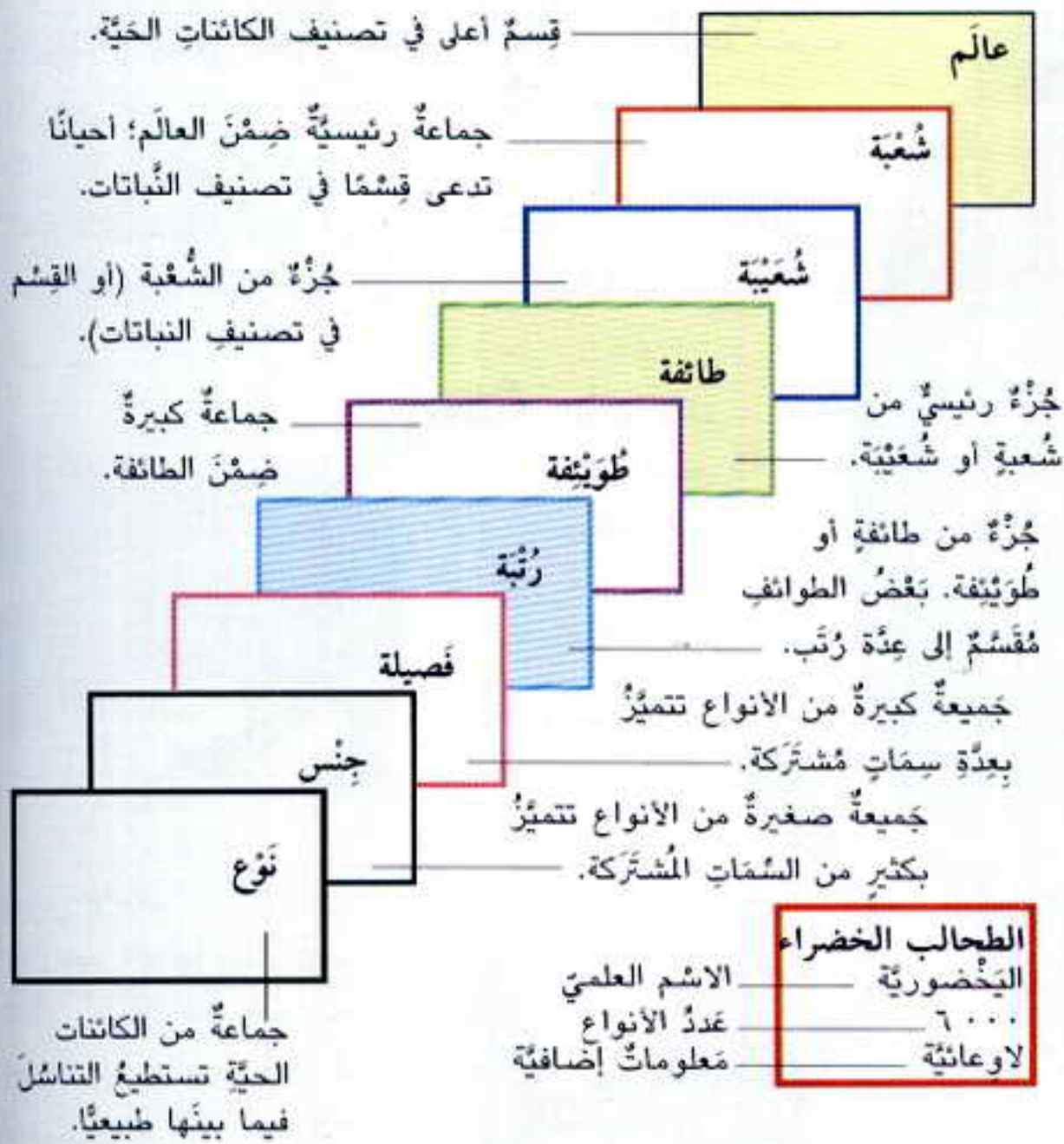
بُرْجُ الْعَقْرَبِ
في الأساطير اليونانية أَنَّ الْعَقْرَبَ
أُرْسِلَ لِيَقْتُلَ الْجَبَّارَ. وَالْكُوكَبَانِ
تَقْعَانِ الْآنَ فِي طَرَفَيْنِ مُتْقَابِلَيْنِ
مِنَ السَّمَاءِ، فَعِنْدَمَا يَغِيبُ الْجَبَّارُ
يُظَلُّ الْعَقْرَبُ.



الكائنات الحية

كيف تستخدم المخطط

المخطط مُمَيِّز لُونِيًّا بحيثُ يُمكنك معرفة مُستوى التصنيف لأي من المجموعات المُبيَّنة بِسرعة.



هذا المخطط يُبَيِّنُ كَيْفَ يُصَنَّفُ البَيُولُوجِيُونُ أَشْكَالَ الحَيَاةِ المُخْتَلِفَةِ عَلَى الأَرْضِ. هنالك خَمْسُ مَجْمُوعَاتٍ رَئِيسِيَّةٍ تُدْعَى عَوَالِمَ؛ والعَوَالِمُ مُقَسَّمَةٌ بِدَوَرِهَا إِلَى وَحَدَاتٍ أَصْغَر. كُلُّ مُتَعَضٍّ فِي المخطط مُمَيِّزٌ بِمَعْلُومَتَيْنِ أَساسِيَّتَيْنِ عَنْهُ - أَوَّلَاهُمَا تُحَدِّدُ مَجْمُوعَةَ الأَحْيَاءِ الَّتِي يَنْتَمِي إِلَيْهَا، وَالثَّانِيَةُ تُبَيِّنُ الكائنات الحية الأخرى الأقرب إليه فِي عَمَلِيَّةِ التَّطَوُّرِ.

<p>الفُطْرِيَّات</p> <p>الفُطْرِيَّاتُ تَمْتَصُّ غِذَاءَهَا مِمَّا تُحْضِرُهُ النَّبَاتَاتُ وَالحَيَوَانَاتُ. هنالك مَا يَزِيدُ عَلَى ١٠٠٠٠٠٠ نوع، الكَثِيرُ مِنْهَا مَجْهَرِيٌّ.</p> <p>الفُطُورُ المُخَاطِطَةُ</p> <p>١٠٠٠٠</p> <p>الفُطُورُ الحَقِيقَةُ</p> <p>١٠٠٠٠٠</p>	<p>الأَوَّلِيَّات</p> <p>هذا العَالَمُ يَشْمَلُ المُتَعَضِّياتِ الأَحَادِيَّةَ الخَلِيَّةِ؛ وَفِيهِ حَوَالِي ٥٠٠٠٠٠ نوعٌ يَعِيشُ مُعْظَمُهَا فِي المَاءِ.</p> <p>المُتَمُورَات</p> <p>١٠٠٠٠</p> <p>المُشْطُورَات</p> <p>١٠٠٠٠</p> <p>العُيُونِيَّات</p> <p>١٠٠٠٠</p>	<p>بِذَائِيَّاتُ النَّوَى (المُونِيرَا)</p> <p>هذا العَالَمُ يَشْمَلُ أبْسَطَ أَشْكَالِ الحَيَاةِ عَلَى الأَرْضِ، وَفِيهِ أَكْثَرُ مِنْ ٤٠٠٠ نوع.</p> <p>البَكْتِيرِيَا</p> <p>٢٠٠٠</p> <p>الطحالبُ الخَضْرَاءُ المَزْرَعَةُ</p> <p>٢٠٠٠</p>
---	--	---

النَّبَاتَات

يُنتِجُ الأَبْوَاغُ أَو البُزُورُ، الَّتِي تَنْتَشِرُ غَالِبًا بَعِيدًا عَنْ النَّبْتَةِ الأُمِّ بِوَسَائِلٍ مُخْتَلِفَةٍ. النَّبَاتَاتُ البَسِيطَةُ تَتَكَاثَرُ بِالأَبْوَاغِ؛ أَمَّا النَّبَاتَاتُ الأَكْثَرُ أَرْتِقَاءً، كَالصَّنَوْبِرِيَّاتِ وَالنَّبَاتَاتِ الزَّهْرِيَّةِ، فَتَتَكَاثَرُ بِالْبُزُورِ.

يُحَوِي عَالَمُ النَّبَاتِ أَكْثَرَ مِنْ ٤٠٠٠٠٠٠ نوعٍ مِنَ المُتَعَضِّياتِ الَّتِي تُخَلِّقُ غِذَاءَهَا مُسْتَحْدَمَةً ضَوْءَ الشَّمْسِ، بِالإِضَافَةِ إِلَى بَعْضِ الأنواعِ الَّتِي فَقَدَتْ تِلْكَ القُدْرَةَ تَالِيًا. النَّبَاتَاتُ لَانْقَوْلَةُ بِذَاتِهَا، لَكِنَّهَا تَتَنَاسَلُ وَتَتَكَاثَرُ

فَيُمْكِنُهَا العِيشُ فِي مَوَاطِنٍ طَبِيعِيَّةٍ أَجْفٍ. بَعْضُ عُلَمَاءِ الأَحْيَاءِ يُصَنِّفُونَ جَمِيعَ أَشْكَالِ الطَّحَالِبِ فِي عَالَمِ الأَوَّلِيَّاتِ.

الزَّهْرِيَّاتُ هَذِهِ الفَنَةُ العَامَّةُ تَشْمَلُ نَبَاتَاتٍ لِأَوَعَائِيَّةٍ بَسِيطَةً لَا تُحَوِي شَبَكَاتٍ لِتَنْقُلَ المَاءَ وَالأَمْلَاحَ أَو الغِذَاءَ. كَمَا تَشْمَلُ أَيْضًا بَعْضَ النَّبَاتَاتِ الوَعَائِيَّةِ الَّتِي تَنْقُلُ هَذِهِ المَوَادَّ فِي أَوْعِيَةٍ خَاصَّةٍ. مُعْظَمُ النَّبَاتَاتِ لِأَوَعَائِيَّةٍ تَعِيشُ فِي المَاءِ، أَوْ فِي أَمَاكِنٍ رَطْبَةٍ؛ أَمَّا النَّبَاتَاتُ الوَعَائِيَّةُ

<p>الحَزَازِيَّاتُ وَالكَبِدِيَّاتُ</p> <p>الحَزَازِيَّة</p> <p>٢٥٠٠٠</p> <p>لَاوَعَائِيَّة</p>	<p>الطحالبُ السَّمْرَاءُ</p> <p>السَّمْرَاوِيَّة</p> <p>٢٠٠٠</p> <p>لَاوَعَائِيَّة</p>	<p>الطحالبُ الحُمْرَاءُ</p> <p>الحُمْرَاوِيَّة</p> <p>٤٠٠٠</p> <p>لَاوَعَائِيَّة</p>	<p>الطحالبُ الخَضْرَاءُ</p> <p>الِيخْضُورِيَّة</p> <p>٦٠٠٠</p> <p>لَاوَعَائِيَّة</p>
<p>الصَّنَوْبِرِيَّاتُ</p> <p>المَخْرُوطِيَّاتُ</p> <p>٥٥٠</p> <p>وَعَائِيَّة</p>	<p>ذَنْبُ الخَيْلِ (الْكُنْبَاقُ)</p> <p>الْكُنْبَاقِيَّة</p> <p>٥٥٠</p> <p>وَعَائِيَّة</p>	<p>رَجُلُ الذَّنْبِ</p> <p>فَصِيلَةُ رَجُلِ الذَّنْبِ</p> <p>٤٠٠</p> <p>وَعَائِيَّة</p>	<p>السَّرَاحِسُ</p> <p>السَّرَخِيسِيَّاتُ</p> <p>١٢٠٠٠</p> <p>وَعَائِيَّة</p>

النَّبَاتَاتُ الزَّهْرِيَّةُ (الزَّهْرِيَّاتُ) يُوجَدُ أَكْثَرُ مِنْ ٢٥٠٠٠٠٠ نوعٍ مِنَ النَّبَاتَاتِ الزَّهْرِيَّةِ؛ وَهِيَ كُلُّهَا وَعَائِيَّةٌ وَتَنْتِجُ بُزُورًا. النَّبَاتَاتُ الزَّهْرِيَّةُ، كَالْحَوَذَانِ، تَتَأَلَّفُ زَهْرَتُهَا مِنْ أَجْزَاءٍ مُتَفَصِّلَةٍ مُتَمَاثِلَةٍ التَّرْتِيبِ حَوْلَ سَوَاقِ الزَّهْرَةِ. أَمَّا الزَّهْرِيَّاتُ الأَكْثَرُ أَرْتِقَاءً، كَالقَمِشَقَةِ، فَذَاتُ أَجْزَاءٍ أَقَلَّ تَتَدَمَّجُ عَادَةً مَعًا لِتَكُونُ أَقْمَاعًا أَوْ أَنْبَابٍ؛ وَغَالِبًا مَا يَكُونُ شَكْلُ الزَّهْرَةِ غَيْرَ مُنْتَظِمٍ.

ذَوَاتُ الفَلَقَتَيْنِ

بُزُورُ هَذِهِ النَّبَاتَاتِ ذَاتُ فَلَقتَيْنِ، وَأَوْرَاقُهَا شَبَكِيَّةٌ التَّعْرِيقِ. أَقْسَامُهَا الزَّهْرِيَّةُ رُبَاعِيَّةٌ أَوْ خُمَاسِيَّةٌ أَوْ مُضَاعَفَاتٌ لِهَذَيْنِ العَدَدَيْنِ فِي الغَالِبِ. وَالكَثِيرُ مِنْ أَنْوَاعِهَا خَشَبِيٌّ الجَذْعُ. هُنَاكَ مَا يُزِيدُ عَلَى ٢٥٠ فَصِيلَةٌ مِنَ ذَوَاتِ الفَلَقَتَيْنِ تُبَيِّنُ بَعْضَ أَشْهُرِهَا فِيمَا يَلِي:

<p>الزُّرْدَارُ</p> <p>الزُّرْدَارِيَّاتُ</p> <p>٤٠</p>	<p>الْفُقُولُ</p> <p>الْفُقُولِيَّاتُ</p> <p>١٨٤٠٠</p>	<p>أَقْحُوَانُ</p> <p>المُرْكَنَاتُ</p> <p>١٠٠٠</p>	<p>الرُّورُدُ</p> <p>الرُّورُدِيَّاتُ</p> <p>١٠٠</p>	<p>الصَّبَارُ</p> <p>الصَّبَارِيَّاتُ</p> <p>٦٥٠</p>
<p>القَمِشَقِيَّاتُ</p> <p>الْخَنَازِيرِيَّاتُ</p> <p>٤٥٠٠</p>	<p>البَقْدُونِسُ وَالجَزَرُ</p> <p>الْخِيمِيَّاتُ</p> <p>٣١٠٠</p>	<p>المَلْفُوفُ</p> <p>الْمَلْفُوفِيَّاتُ</p> <p>١٠٠</p>	<p>البَلُوطُ</p> <p>الرُّزَابِيَّاتُ</p> <p>٥٠</p>	<p>الْخَلَنْجُ</p> <p>الْخَلَنْجِيَّاتُ</p> <p>٣٣٥٠</p>

أَحَادِيَّاتُ الفَلَقَةِ

بُزُورُهَا ذَاتُ فَلَقةٍ وَاحِدَةٍ، وَأَوْرَاقُهَا مُتَوَازِيَّةٌ التَّعْرِيقِ. وَأَجْزَاءُ الزَّهْرَةِ ثَلَاثِيَّةٌ أَوْ مُضَاعَفَاتٌ لِّلْعَدَدِ ٣. وَهِيَ قَلْبًا تَكُونُ خَشَبِيَّةً.

<p>السُّوسَنُ</p> <p>السُّوسَنِيَّاتُ</p> <p>٥٠</p>	<p>الأَعْشَابُ</p> <p>النَّجِيلِيَّاتُ</p> <p>٨٠٠٠</p>
<p>السَّحَابُ</p> <p>الأَوْرِكِيَّاتُ</p> <p>١٧٥٠٠</p>	

الحيوانات

عالم الحيوان يحوي مُتَعَصِّيات تُغْتَذَى بالنباتات، أو الحيوانات الأخرى، أو ببقاياهما. مُعْظَم الحيوانات يستطيع التنقل من مكان إلى آخر، لكن بعضها يَقْضِي حياته البالغة في مكان واحد. هناك ما بين ١٠ إلى ٢٠ مليون نوع من الحيوانات.

اللافقاريات هذه الفئة العامة تشمل جميع الحيوانات التي ليس لها عمود فقري، وتضم أكثر من تسعة أعشار جميع أنواع الحيوان. الكثير من اللافقاريات رُخْو الجسم يعيش في الماء أو في المواطن البيئية الرطبة. وتنفرد شعبة المفصليات بأنها حققت نجاحاً متميزاً في الماء وعلى البر.

الديدانيات (اللاسعات)
الديدانيات
٩٥٠٠
بحرية غالباً

المرجانيات
قناديل البحر
الشقائق البحرية
الغدارات (الهيدرا)



المسطحات
الديدانيات المسطحة
١٠٠٠٠

المسطحات الحرة العيش
الديدانيات المثقبة
الشريطيات



الرُخويات
الرُخويات
٩٠٠٠٠
مائية وبرية

الخيفونات
البراق والفواقع
البطنوس والمحار المروحي
الصدفيات المسنة
الأخطبوطات والحباريات
والسبيديات



الحلقيات
الديدانيات الحلقيّة
١٢٠٠٠
مائية وبرية

الخراطيم والدوديات
الحمرات
العلق
الديدانيات الغروية وديدان
بحرية أخرى



الشوكيات
شوكيات الجلد
٦٠٠٠
بحرية

التجملات القصبية
قنادل البحر
خيار البحر
نجم البحر
زنايق البحر والتجملات
الرشيّة



شعبي صغيرة
المشطيات والدورات
والخطميات
٣٠٠٠+

الأمشاط البحرية
الدورات
خوفيات الخرطوم (اليمرينية)



الإسفنجيات
المشقيات
٥٠٠٠
بحرية غالباً



الديدانيات المشقودة
المشقودات
١٢٠٠٠



حيوانات خزازية
الخزازيات
٤٠٠٠
بحرية غالباً



المفصليات هذه الشعبة الكبيرة تحوي حيوانات مُفَصَّلة الأجسام مُشَدَّدة يُغْطِيها هيكل خارجي. يُدْعَم الهيكل الخارجي الجسم ويحميه، كما يمنعه من التجفاف على البر.

ألفيات الأرجل
مزدوجات الأقدام
٧٠٠٠



مئويات الأرجل
شقوقات الأقدام
١٧٠٠



الفشريات
الفشريات
٤٠٠٠٠
بحرية غالباً

براغيث الماء
غير القبان
السرطانات والكركنادات
قمل السمك
البرنقل



العنكبوتيات
العنكبوتيات
٧٠٠٠٠
برية غالباً

المقارب
العناكب
الفقار
العنكبوتيات الحضادة



الحشرات
الحشرات + ١٠٠٠ ٠٠٠
برية غالباً

نابضية الذيل
شحبات وقمليات الذيل
الثورمانات والمطباتارات
الفراش والعلق
الكنايب والجنادج
أبو مقص (ثاقب الأذن)
الغصونيات الحشرية
بنت وردان (حشرات)
راهبة (قرص النمل)



القمل
النمل
الترسبات
شحبات الاجنحة
الخنافس
الذباب
البراغيث
النمل والزنايبير
والنمل



الحبيات هذه الشعبة تحوي حيوانات ذات خِطْل عَصَبِي وظَهْرِي جاسي يمتد على طول الجسم. وفيها ٤٤٠٠٠ نوع كلها تقريباً فقارية (أي تحوي عموداً فقرياً). أما شعبيتنا

الرُمَحِيَّات والرُقَقِيَّات فتحتوي خِطْلًا جاسيًا دُونَما عمود فقري حقيقي.

أسماك عديمة الفك
اللافكيات
٧٠
بحرية؛ عُضْرُوفِيَّة الهيكل



أسماك عُضْرُوفِيَّة
العُضْرُوفِيَّات
٧٠٠
بحرية؛ عُضْرُوفِيَّة الهيكل



القوارب
البرمائيات
٤٠٠٠
تستوطن المياه العذبة أو البر



الأسماك العظمية
عظميات الهيكل
٢١٠٠٠
تستوطن البحار والمياه العذبة؛ عظمية الهيكل

السلاكانت
الأسماك الرنوية
البرشيرات
الحفشيات والمعدانيات
الأنقليسات
الرنكيات واليلم (الشعيرة)
السلمون والتروت
الشبوط
السلمور
الفرخ والراموح
وسيات البحر والتونا
أبو شمس
البقلة (الفد)

الأسماك الطائرة
الغرنيونات
أبو شوكة
جسان البحر



الزواحف
طائفة الزواحف
٦٥٠٠
برية غالباً؛
خرشفية الجلد

الأفاعي والمظايا
السلحفاة واللجأ
التماسيح
مقارئة الرأس (توانرا)



الطيور
طائفة الطيور
٩٠٠٠
كلها مغطاة بالريش
وتتوالد على البر

الطيور الغطاسة والغواصة
القطرس وخفاف البحر
الطريق
الجعج والأتشيش والغاق
البليشون (مالك الحزين) والفلق
البظ والور والتم
العقاب والصقر والنسر
الثورج والحجل
النورس والرفراف
الحمام واليمام
البيغاوات
الوقواق والجواب
البوم
القطانان
القرلي والوزوار والشقراق
الجواثم (كالشوريات)



الجربيات
طائفة الجربيات
٢٥٠
لبنونات تُرَبِّي صغارها في جراب

الأوبوسوم
الكوالا
قار الهند (البندقوط)
الكنتير والفنبر (الولايب)



زحيدات المسلك
الوحيد المسلك
٣
لبنونات بيوضة

خلد الماء (مقار البط)
النضاض (قنفذ النمل)



المشيميات
الشحذيات
٣٨١٠
لبنونات تُغْذِي أجنتها مشيمياً

القناقد والزبابات والمناجد (ج. خلد)
الخفافيش
الآرانب الأليف والبرية
السعادين والقروود والبشر
أكلائ النمل والمدرعات
القوارض
الحيات والدلافين
الكلاب والقطط والذئبة
الفقمات وبياع البحر والأفناظ
الفيلة
الويزرات
خراف البحر والأطوم
الحيل والثايريات والكركنادات
الخنازير والأيايل والأغنام والقطا والماشية

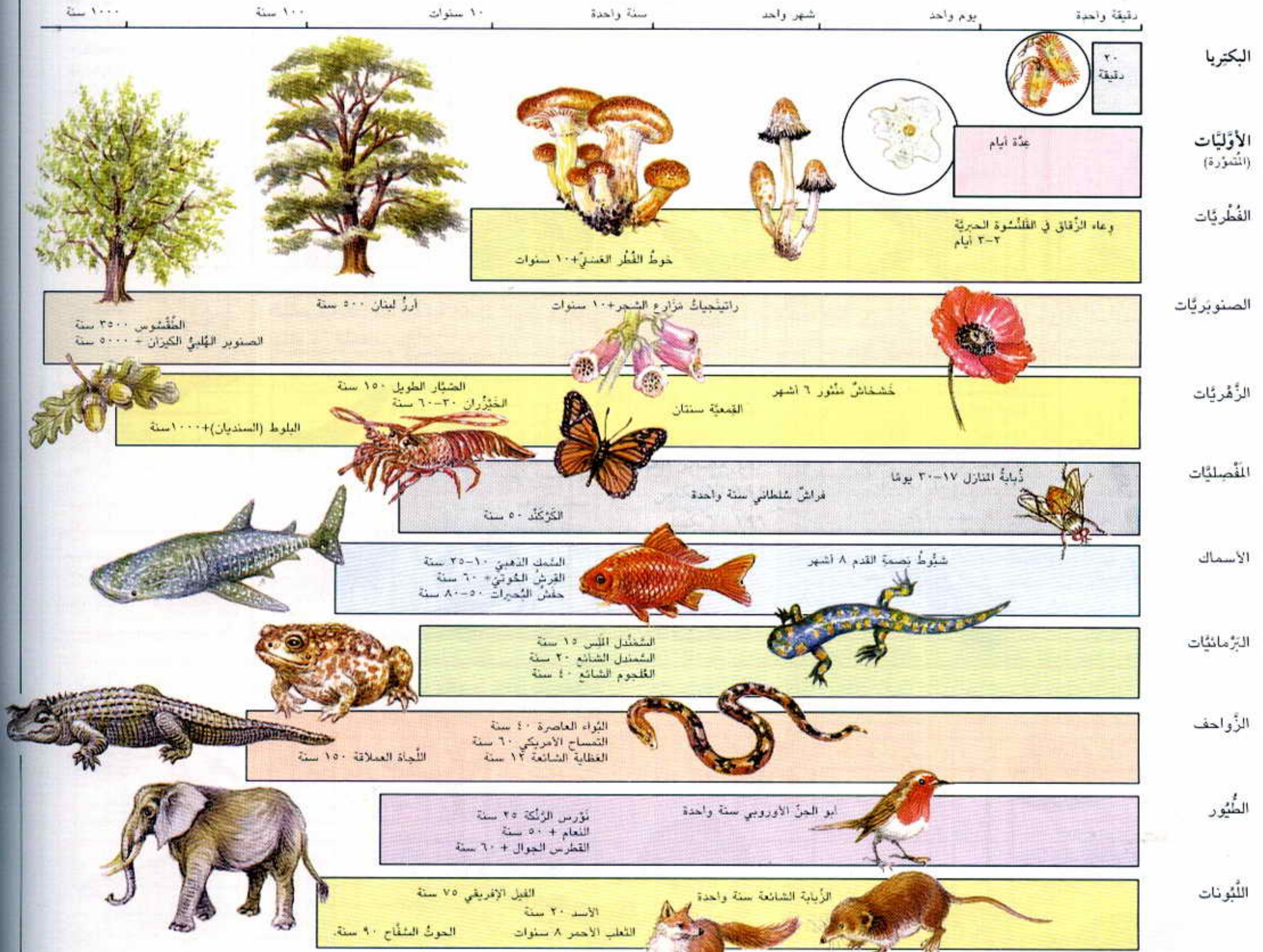


الكائنات الحية - كيف تعمل

مدى الأعمار

يرتبط مدى العمر، في معظم الكائنات الحية، بعملية التكاثر؛ فالنباتات والحيوانات لا تعيش طويلاً بعد انتهاء حياتها التناسلية وفيما يلي

مدى أعمار مختلف المتعضيات. أما البكتيريا والأوليات فتتكاثر عادةً بالانقسام الثنائي، فتبقى خلاياها أو بعضها حية بالرغم من انشطاراتها.



فترات الحمل

فترة الحمل هي الفترة الزمنية بين الإخصاب والولادة؛ وهي في معظم اللبونات مُحَدَّدة بِدَقَّة. فاللبونات الضخمة غالباً ما تكون فترات حملها طويلة - مع بعض الاستثناءات، كما في الكناغر حيث فترة الحمل قصيرة جداً.



دَرَجَةُ حَرَارَةِ الْجِسْمِ

المُضْطَلَّحان «حَارُّ الدَّم» و«بَارِدُ الدَّم» قد يكونان مُضَلَّلَيْن . فالشُّبُوطُ البَطْرِيخِيُّ الصَّحْرَاوِيُّ «بَارِدُ الدَّم» كسائر الأسماك؛ لكنَّهُ يَعِيشُ فِي الْيَنَابِيعِ الْحَارَّةِ، وَدَمُهُ حَارٌّ فِي الْوَاقِعِ . فِيمَا الْخُفَّاشُ الْمُسْتَكِنُ شِتَاءً «حَارُّ الدَّم» لَكِنَّ دَرَجَةَ حَرَارَةِ جِسْمِهِ أْبْرَدُ بِكَثِيرٍ .

حَيَوَانَاتٌ خَارِجِيَّةُ الْإِحْرَارِ (بَارِدَةُ الدَّمِ)



سَمَكُ الْجَلِيدِ
٥° س

السَّمْعُونُ
صَفْرَس ٢٠° س

الضَّفَادِعُ
٧° س

العُظَايَا
١٨° س

حَيَوَانَاتٌ دَاخِلِيَّةُ الْإِحْرَارِ (حَارَّةُ الدَّمِ)

الخُفَّافِيشُ
٢٨° س

أَكَلَاتُ الْمَلِّ الشَّوْكِيَّةُ
٣٠° س

القَنَافِذُ
٣٥° س

البَشَرُ
٣٧° س

الطُّيُورُ
٤٠° س

الْفَيْتَامِينَات

الفَيْتَامِينَاتُ مُعْذِيَّاتٌ أَسَاسِيَّةٌ يَحْتَاجُهَا الْجِسْمُ بِكَمِّيَّاتٍ ضَخِيمَةٍ جِدًّا . الْقَائِمَةُ أدناه تُبَيِّنُ احتِياجَاتِ الشَّخْصِ الْبَالِغِ مِنَ الْفَيْتَامِينَاتِ يَوْمِيًّا .

فَيْتَامِينَاتُ تَذَوُّبِ الدَّهُونِ

١ مليغرام	فَيْتَامِينُ أ
٧,٥ ميكروغرامات	فَيْتَامِينُ د
١٠ مليغرامات	فَيْتَامِينُ هـ
١٠٠ ميكروغرام	فَيْتَامِينُ ك

فَيْتَامِينَاتُ تَذَوُّبِ الْمَاءِ

١,٥ مليغرام	فَيْتَامِينُ ب
١,٧ مليغرام	فَيْتَامِينُ ب
١٩ مليغرامات	نِيَّاسِينُ
٢,٢ مليغرام	فَيْتَامِينُ ب
٣ ميكروغرامات	فَيْتَامِينُ ب
٦ مليغرامات	حَامِضُ الْهَيْبُونُوتِيك
٤٠٠ ميكروغرام	حَامِضُ الْفُولِيك
٢٠٠ ميكروغرام	بَيُوتِينُ
٦٠ مليغرامات	فَيْتَامِينُ ج

مُعَدَّلَاتُ الْأَيْضِ (الِاسْتِقْلَابِ)

إِنَّ مُعَدَّلَ الْإِسْتِقْلَابِ لِأَيِّ حَيَوَانٍ هُوَ مُعَدَّلٌ مَا «يَحْرِقُهُ» مِنَ الْغِذَاءِ لِإِطْلَاقِ الطَّاقَةِ . فِيمَا يَلِي مُعَدَّلَاتُ الْأَيْضِ لِمَجْمُوعَةٍ مِنَ اللَّبُونَاتِ الْمُخْتَلِفَةِ، بِالْمُقَارَنَةِ مَعَ مُعَدَّلِهِ فِي الْبَشَرِ . فَالْلبُّونَاتُ الصَّغِيرَةُ يَنْبَغِي لَهَا حَرَقُ الْغِذَاءِ بِمُعَدَّلٍ أَعْلَى بِالنَّسْبَةِ لِأَحْجَامِهَا - لِأَنَّ مِسَاحَةَ جِلْدِهَا الْكَبِيرَةَ نِسْبِيًّا تُفْقِدُ أَجْسَامُهَا الْحَرَارَةَ بِسُرْعَةٍ .

لِلْمُقَارَنَةِ يُبَيِّنُ الْمُخَطَّطُ سُرْعَةَ احْتِرَاقِ الْغِذَاءِ فِي الْحَيَوَانَاتِ لِكُلِّ وَحْدَةٍ وَزْنٍ مِنْ أَجْسَامِهَا، بِافْتِرَاضِ الرِّقْمِ وَاحِدِ الْمُعَدَّلِ لِلْإِنْسَانِ .

الفيل ٠,٣٣

الجِصَّانُ ٠,٥٢

الْإِنْسَانُ ١,٠٠

الْخَرُوفُ ١,٠٥

الْكَلْبُ ١,٥٧

الْهَزْ ٣,٢٤

الْجُرَذُ ٤,١٤

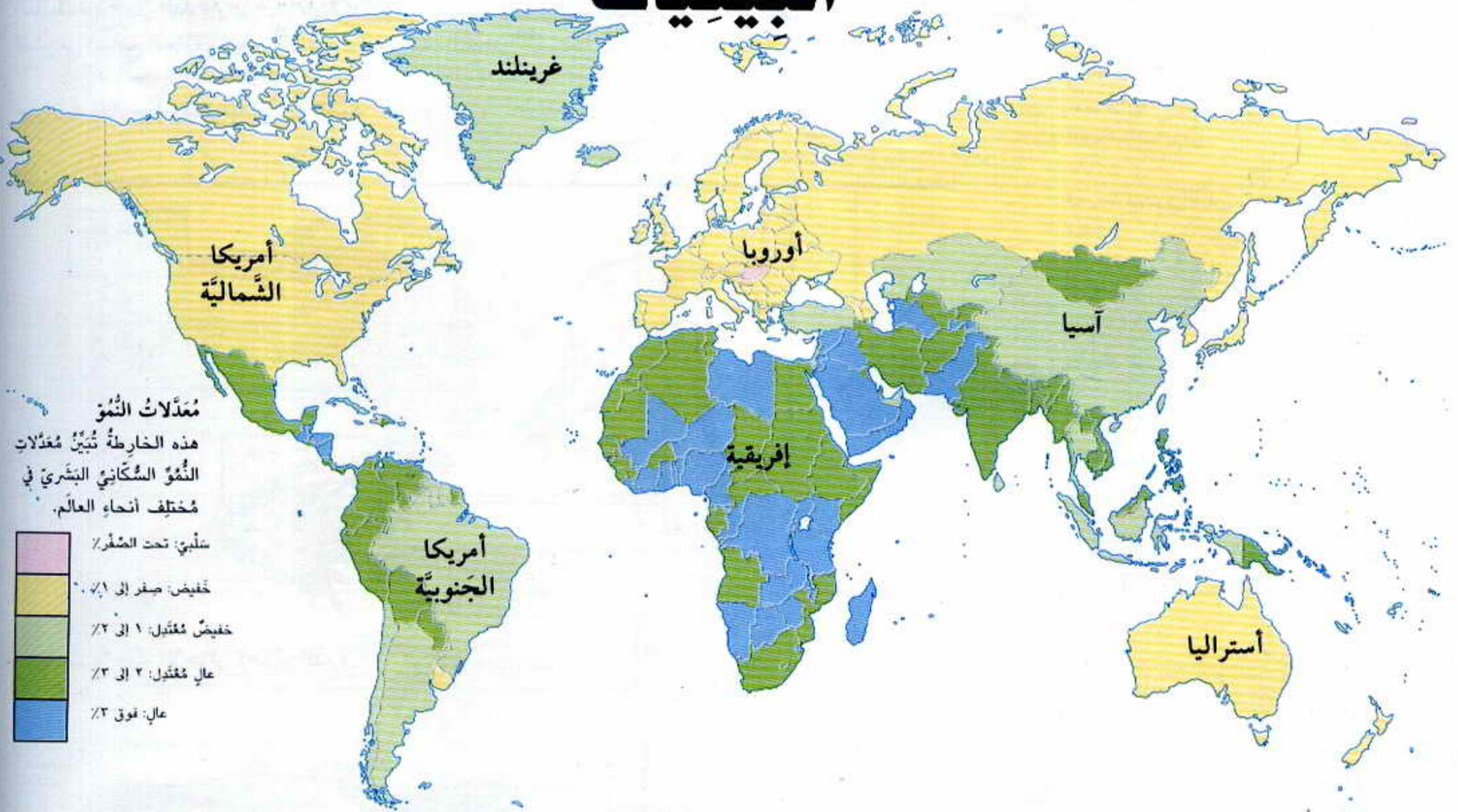
السَّنَجَابُ ٤,٩٠

فَأَرَةُ الْمَنَازِلِ ٧,٨٦

فَأَرَةُ الْخَضَادِ ١١,٩٠

الرُّبَانِيَّةُ ٣٥,٢٤

البيئات

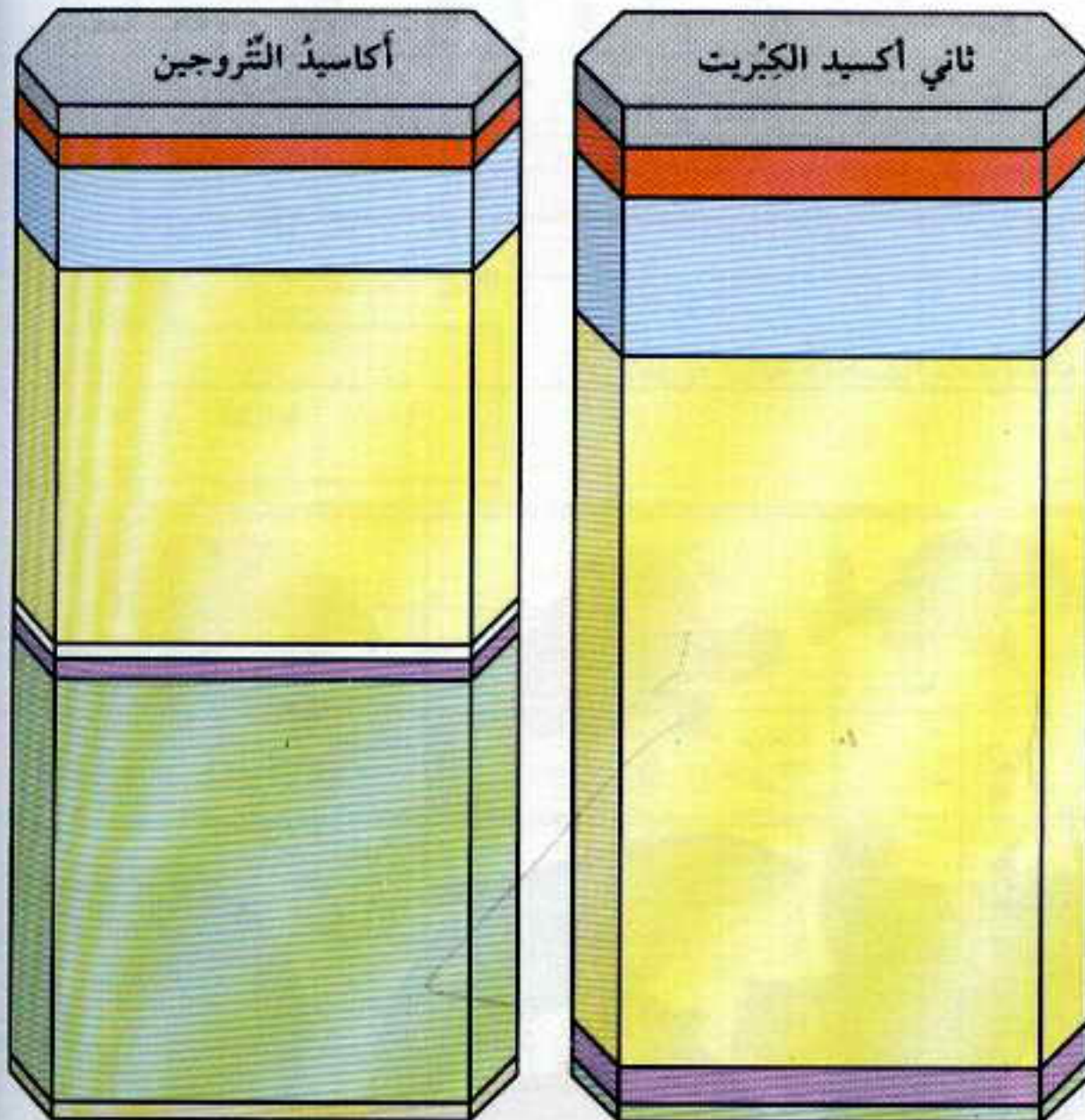


التلوث

الدليل (مصادر التلوث)

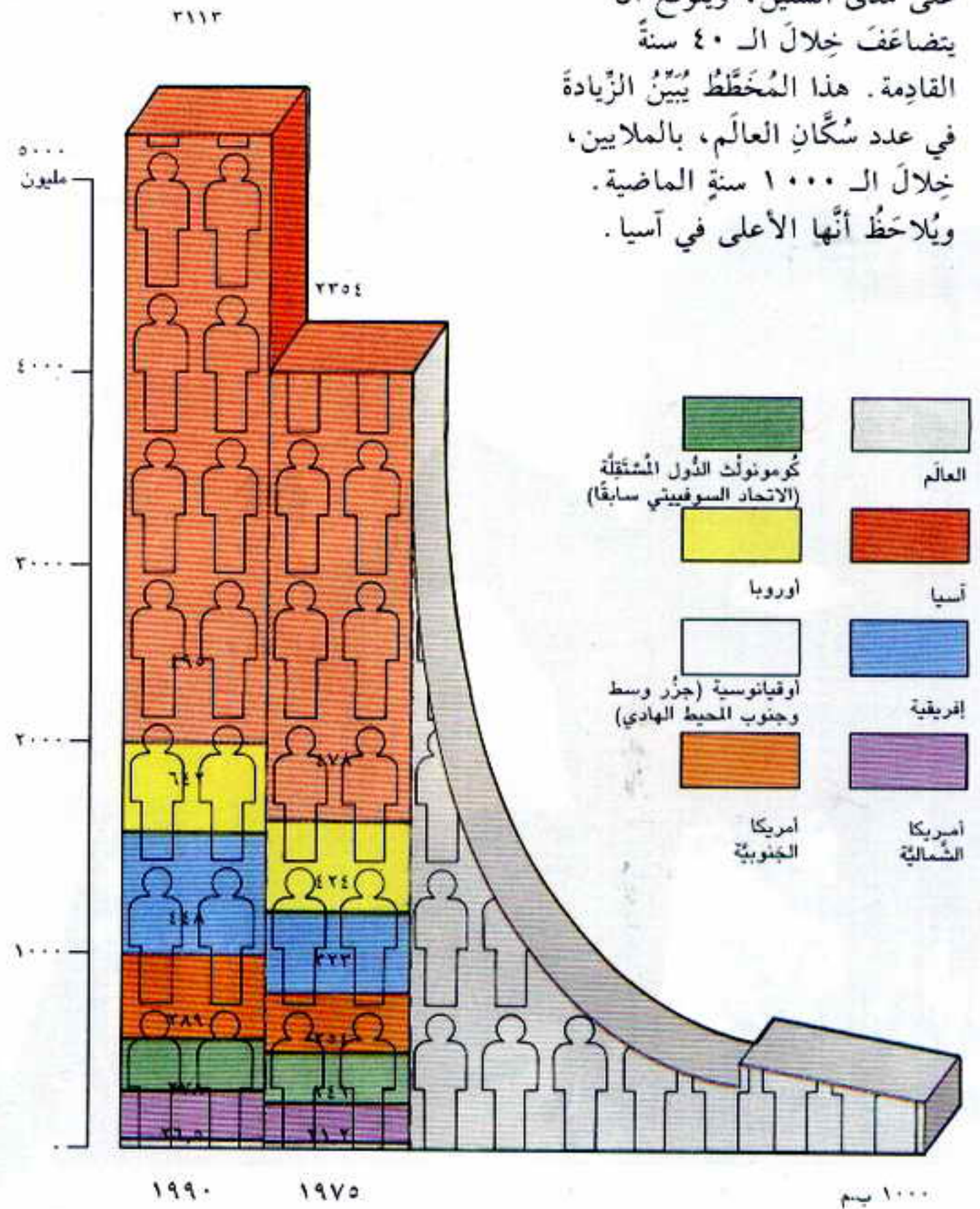


المَطَرُ الحَامِضِي يُلْحِقُ الضَّرَرَ بالغابات
وبالحياة البرية. وَنُسَبُّ هَذَا المَطَرُ غَازَاتِ
ثَانِي أكسيد الكبريت وأكاسيد التَّروِجِينِ
الناَتِجَةُ عَنِ أَحْتِرَاقِ الوُقْدِ المُخْتَلِفَةِ. هَذِهِ
الغَازَاتُ تَدْوِبُ فِي قُطَيْرَاتِ المَاءِ المُعْلَقَةِ
فِي الهَوَاءِ الرَّطْبِ؛ ثُمَّ تَسَاقَطُ مَطَرًا أَوْ ثَلْجًا
حَامِضِيًا يُلْحِقُ الضَّرَرَ بِالْبَيْئَةِ.



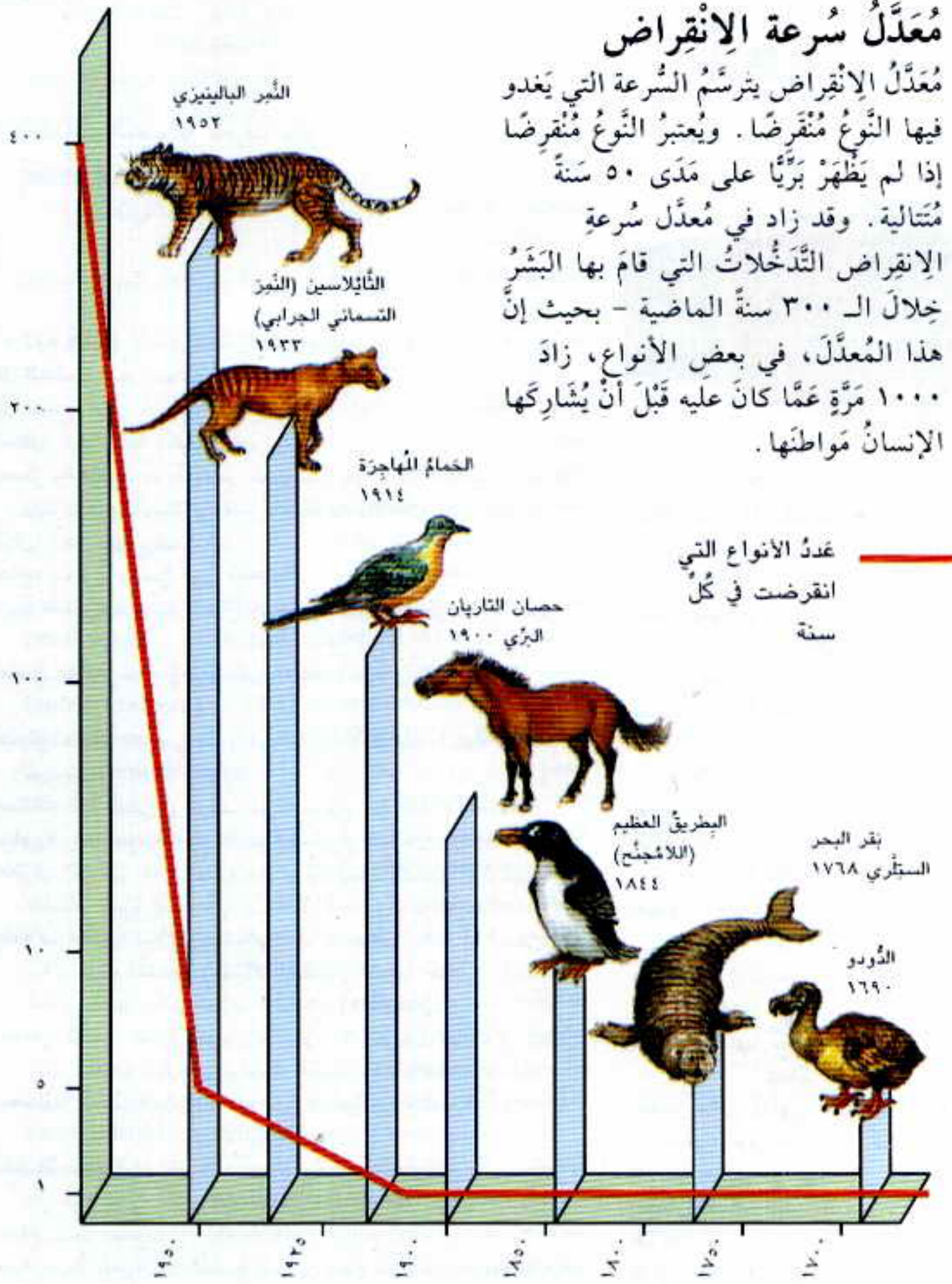
النمو السكاني

لقد تَزَايَدَ عَدَدُ سَكَّانِ الْعَالَمِ بِطَرَادٍ
عَلَى مَدَى السَّنِينَ، وَيُتَوَقَّعُ أَنْ
يَتَضَاعَفَ خِلَالِ الـ ٤٠ سَنَةً
القَادِمَةِ. هَذَا المُحَظَّظُ يُبَيِّنُ الزِّيَادَةَ
فِي عَدَدِ سَكَّانِ الْعَالَمِ، بِالمَلايِينِ،
خِلَالِ الـ ١٠٠٠ سَنَةٍ المَاضِيَةِ.
وَيُلاحَظُ أَنَّهَا الأعلى فِي آسِيَا.



مُعَدَّلُ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ

مُعَدَّلُ الْإِنْقِرَاضِ يَتَرَسَّمُ السَّرْعَةَ الَّتِي يَغْدُو فِيهَا النَّوْعُ مُنْقَرِضًا. وَيُعْتَبَرُ النَّوْعُ مُنْقَرِضًا إِذَا لَمْ يَظْهَرْ بَرِّيًّا عَلَى مَدَى ٥٠ سَنَةً مُتَتَالِيَةً. وَقَدْ زَادَ فِي مُعَدَّلِ سُرْعَةِ الْإِنْقِرَاضِ التَّدْخُلَاتُ الَّتِي قَامَ بِهَا الْبَشَرُ خِلَالَ الـ ٣٠٠ سَنَةِ الْمَاضِيَةِ - بَحِثْ إِنَّ هَذَا الْمُعَدَّلَ، فِي بَعْضِ الْأَنْوَاعِ، زَادَ ١٠٠٠ مَرَّةً عَمَّا كَانَ عَلَيْهِ قَبْلَ أَنْ يُشَارِكَهَا الْإِنْسَانُ مَوَاطِنَهَا.



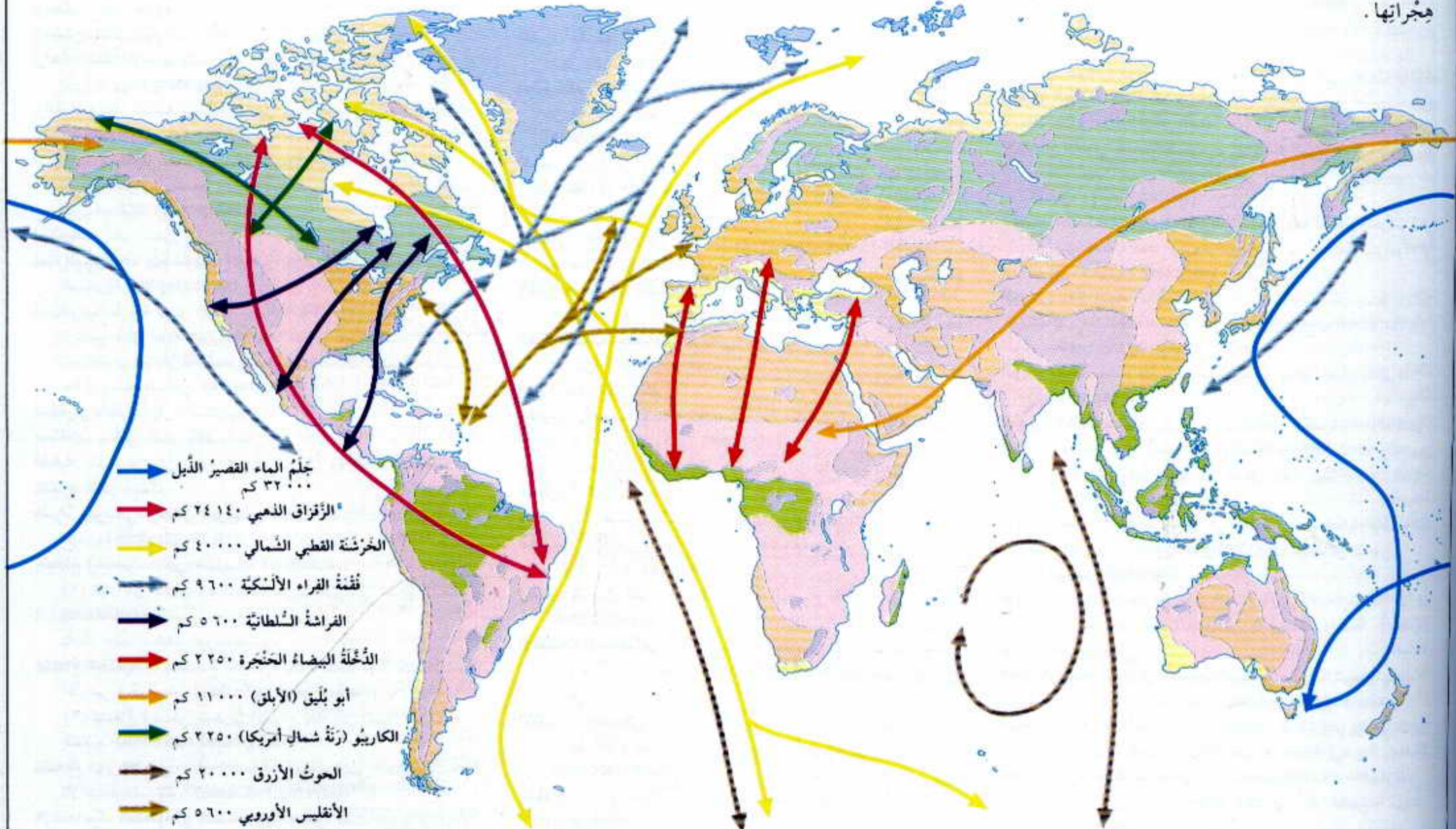
الْأَنْوَاعُ الْمُهَدَّدَةُ بِالْإِنْقِرَاضِ

كَثِيرٌ مِنْ أَنْوَاعِ الْحَيَوَانِ، كَالْأَنْوَاعِ الْمُبِينَةِ أَدْنَاهُ، مُهَدَّدَةٌ بِالْإِنْقِرَاضِ بِسَبَبِ تَدْمِيرِ مَوَاطِنِهَا الطَّبِيعِيَّةِ وَالتَّلَوُّثِ وَالصَّيْدِ وَمُنَافَسَةِ الْأَنْوَاعِ الْجَلِيَّةِ مِنْ بَيْئَاتٍ أُخْرَى.

الحيوان	مَوْطِنُهُ	العدد الباقي منه
الجاموس الآسيوي	الهند ونيبال	٢٢٠٠
الببازون الأوروبي	بولونيا	حوالي ١٠٠٠
الغوريلا الجبلي	رُواندا (إفريقية)	٦٠٠
الفقمة الزاهية المتوسطية	البَحْرُ الْأَبْيَضُ الْمَتَوَسِّطُ	٥٠٠
الدلفين النهرى الصينى	الصين	٣٠٠
البُنْدَا الْعِمْلَاقُ	الصين	٣٠٠
الكركي الشَّهَاقُ	أمريكا الشَّمَالِيَّةُ	٢٠٠
نَشْنَاسُ الطَّمَارِينِ الذَّهَبِيِّ	أمريكا الْجَنُوبِيَّةُ	٢٠٠
الخنزير البري القزم	أَسَامُ (بَالِهِنْدُ)	١٠٠
الكركدن الجاوي	جاوا (بَانْدُونِيْسِيَا)	٥٠
بَنْغَاءُ كَاكَايُو	نِيُوزِيلَنْدَا	٥٠

مَسَالِكُ الْهَجْرَةِ وَمَدَاهَا

فِي أَوْقَاتٍ مُحَدَّدَةٍ مِنَ السَّنَةِ، تَنْتَقِلُ بَعْضُ الْحَيَوَانَاتِ مِنْ مِيقَاتٍ إِلَى أُخْرَى - وَيُعْرَفُ هَذَا بِالْهَجْرَةِ. وَفِيمَا يَلِي مُعَدَّلُ الْمَسَافَاتِ الَّتِي تَقْطَعُهَا هَذِهِ الْحَيَوَانَاتُ فِي هِجْرَاتِهَا.



تعريفات *



انتشار أزموسي: أنظر «تناضح».

الانتقاء الصنعي: أنظر «الانتخاب الاصطناعي».

انتقاض، أيض هدمي: سلسلة تفاعلات كيميائية تفكك الجزيئات الكبيرة في الكائنات الحية إلى جزيئات أصغر؛ وهذا ينتج طاقة (catabolism).

انتقال (النسخ): تحوُّل أو انتقال الموائع في أجزاء النبات (translocation).

انفراستيت: فحم صلب نقي يحترق دونما لهب أو دخان تقريباً (anthracite).

إنحل - ينحل: يتفكك أو ينحل بفعل الحالات الغضوية (decompose).

إنجلال: أنظر «نخل».

إنذار: أنظر «إنقراض».

اندستيت: صخر بُركاني بُني أو رمادي دقيق الخبيبات (andesite).

اندماج نووي: تفاعل نووي تندمج فيه النوى الخفيفة (كالهيدروجين مثلاً) لتكوين نواة أثقل ومطلقة طاقة (nuclear fusion).

إندوسپرم، سويداء البزرة: نسيج اختزان الغذاء في البزرة (endosperm).

الانزياح الأحمر: انزياح الضوء (نحو الطرف الأحمر للطيف) من مجرة تتحرك بعيداً عن الأرض (red shift).

أنزيم: حفاز في الكائنات الحية يزيد من سرعة التفاعلات في العمليات الكيميائية الطبيعية (enzyme).

إنشطار نووي: تفاعل نووي تشطر فيه النواة إلى نواتين أصغر مُطلقة طاقة (nuclear fission).

إنضغاط (١) تضاعف (في الأمواج الطولية كالصوت) يزيد من الضغط وكثافة الجزيئات (compression).

(٢) إنضغاط يزيد من كثافة المائع (compression).

إنعراج، حيود: انتشار الأمواج توسعاً عند عبورها شقفاً ضيقاً (diffraction).

انعكاس: ارتداد الضوء أو الحرارة أو الصوت عن سطح ما (reflection).

انعكاس داخلي: انعكاس بعض الضوء من حزمة أشعة ضوئية مارة من وسط كثيف (كالماء) إلى وسط أقل كثافة (كالماء).

انعكاس قطبي: انعكاس اتجاه المجال المغنطيسي الأرضي (polar reversal).

انعكاس مرآوي: انعكاس ترتد فيه أمواج الضوء عن السطح العاكس بالزاوية نفسها التي تسقط فيها (specular reflection).

الانفجار العظيم: نظرية مفادها أن الكون ابتدا بانفجار هائل للمادة. ويعتقد أن أجزاء الكون لا تزال في تبايح بسبب ذلك الانفجار (Big Bang).

انقراض، إنبثار: موت جميع الأفراد من كائن حي (extinction).

انقسام الخلية: عملية تنشط فيها خلية واحدة لتنتج خليتين تُسميان الوليدتين (cell division).

الانقسام الفتيلي: انقسام الخلية حيث تنقسم النواة لنتج خليتين، كل واحدة منهما تحوي العدد نفسه من الصبغيات (الكروموسومات) كالخلية الأم (mitosis).

انقسام مُنصف: انقسام الخلية الذي ينتج أربعة أمشاج (أعراس) في كل منها نصف عدد الكروموسومات (الصبغيات) الموجودة في الخلية الأصلية (meiosis).

انكسار: تغير اتجاه الحزمة الضوئية عند مرورها من وسط إلى آخر مختلف الكثافة (مثلاً من الهواء إلى الزجاج) (refraction).

أنود، مصعد: إلكترود موجب (anode).

أنودة: تغطية جسم فلزي بطبقة أكسيدية واقية رقيقة بالكهرو (anodizing).

أنيون، شاردة سالبة: أيون سالب الشحنة الكهربائية (anion).

اهتزاز، دذبذبة: حركة ترجع سريعة (ذهاباً وإياباً)، مثلاً الزلزلة تجعل سطح الأرض يهتز، والصوت يجعل الهواء يهتز (أو يتذبذب) (vibration).

أوزون: نظير للأكسجين يوجد في طبقات الجو العليا حيث يؤلف طبقة الأوزون. يحوي جزيء الأوزون ثلاث ذرات من الأكسجين (ozone).

أوم (Ω): وحدة المقاومة الكهربائية (يساوي مقاومة موصل يمر فيه أمبير واحد حين فرق الجهد بين طرفيه فلف واحد) (ohm).

أويل: أنظر «بروتون».

أيسوبار، خط تساوي الضغط: خط على خريطة الطقس يصل النقاط المتساوية ضغط الهواء (الضغط الجوي) (isobar).

أيسومر، زمير، مُماكب: مركبٌ مماثل لآخر في التركيب (يحوي الذرات نفسها) لكن بترتيب ذرات مختلف (isomer).

أيض بنائي، استقلاب بنائي: سلسلة من التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية تبني جزيئات كبيرة من آخر صغيرة (anabolism).

المادة يصبح ابتعاث الإشعاع (radioactivity).

أشعة إكس، الأشعة السينية: ضرب من الإشعاع الكهرومغناطيسي أَمَوجه أقصر من الإشعاع فوق البنفسجي (وتردده أكثر) (X-rays).

أشعة جاما: نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي أطواله الموجية قصيرة جداً (gamma rays).

الأشعة السينية: أنظر «أشعة إكس».

إصداء، ترجيع الصدى: بلوغ الصدى السامع قبل انتهاء الصوت الأصلي (فيبدو أن الصوت استمر لفترة أطول) (reverberation).

أطراف: أنظر «طيف».

إعادة التدوير: إعادة استخدام النفايات (بعد شعالجتها) لتوفير الموارد والطاقة (recycling).

إعصار، زوبعة: منطقة ضغط منخفض تسودها رياح شديدة تبلغ سرعتها ١٢٠ كلم/ الساعة تدوم باتجاه مُضاد لحركة عقرب الساعة في نصف الكرة الشمالي (وعكس ذلك في النصف الجنوبي) (cyclone).

إعصار مداري: عاصفة دوامية مدارية هائلة تزيد سرعة الرياح فيها على ١٢٠ كيلومتراً في الساعة (hurricane).

إعصار مائي دوامي: عمود مائي يسقطه تورنادو (إعصار دوامي قمعي) فوق مياه البحر (waterspout).

إعصار مداري دوامي: أنظر «إعصار».

إعصار مُضاد: أنظر «صدى الإعصار».

إف إم: أنظر «تضمن التردد».

إفراز: إطلاق (أو انطلاق) موادٌ عُيَّنة من خلايا النبات والحيوان (secretion).

إفراغ: إزالة الفضلات بمختلف الوسائل التي تقوم بها المتعضيات (excretion).

أكسدة، تأكسد: اكتساب المادة أكسجيناً أو فقدها الهيدروجين؛ أو فقدان الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي (oxidation).

إكسوسفير، الغلاف (الجوي) الخارجي: الجزء الخارجي الأقصى من جو الأرض (حوالي ٩٠٠ كيلومتر فوق سطح الأرض) (exosphere).

أكسيد: مركب من عنصر مع الأكسجين (oxide).

إكليل، طفاوة، هالة: طبقة الغازات الساخنة الخارجية المحيطة بالشمس (corona).

التصاق، تلاصق: قوة التجاذب بين ذرات أو جزيئات مادتين مختلفتين (adhesion).

إلكترود، مشري، قطب: قطعة من المعدن أو الكربون تجتمع أو تطلق الإلكترونات في دائرة كهربائية (electrode).

إلكتروسكوب، مكشاف كهربائي: جهاز يكشف عن وجود شحنة كهربائية (electroscope).

إلكتروليت: أنظر «كهول».

إلكترون، كهبر: جسيم سالب الشحنة الكهربائية يدور حول النواة في كل أنواع الذرات (electron).

أمبير: وحدة قياس شدة التيار الكهربائي (ampere «amp»).

أمشاج: أنظر «مُشيج».

أميتر: جهاز قياس شدة التيار الكهربائي (ammeter).

إنساني: فرد من فصيلة الرئيسات الشبيهة بالبشر ومنها الإنسان والقردة العليا (hominid).

إنتاش: المراحل الأولى من نمو البزرة (لتصبح نباتاً) (germination).

الانتخاب الاصطناعي: إنتقاء يُمكن الإنسان من تغيير التركيب الجيني لنوع معين من الكائنات (artificial selection) (قارن «انتخاب طبيعي»).

الانتخاب الطبيعي: طريقة الانتخاب بحيث إن الخصائص التي تساعد النوع على البقاء نُورثت إلى الجيل التالي (natural selection).

انتشار: امتزاج مادتين أو أكثر بفعل الحركة العشوائية للجزيئات (diffusion).

* الكلمات المطبوعة بحرف مائل ترد في مداخل مستقلة في هذا المسرد.

آ، لابة كُتلية: لابة بُركانية خشنة السطح (a a).

أجل الغضب: أنظر «عاشب».

أجل اللحم: أنظر «لاحم».

إشتكال: أنظر «حش (كيميائي)».

إبصار بالعينين: قدرة بعض الحيوانات على رؤية الأجسام مجسمة ثلاثية الأبعاد وبالتالي تقدير المسافات (binocular vision).

إتزان: أنظر «توازن».

أجاج: محلول ملحي قوي (brine).

أجيج شمسي: شوْط أو اندلاع إشعاعي تفجري مفاجئ من الشمس (solar flare).

أحادي الفلقة: نبات زهري مفرد الفلقة (مُفرد ورقة البزرة) (monocotyledon).

احتراق: تفاعل كيميائي تتحد فيه المادة بالأكسجين مُنتجة طاقة حرارية (combustion).

احتكاك: قوة تُبطئ أو تُوقِف حركة سطح على آخر (friction).

أحفورة، مُستَحجرة: بقايا نبات أو حيوان مُتَحجرة (fossil).

إختزال: اكتساب المادة الهيدروجين أو فقدانها الأكسجين؛ وتوسيعاً هو اكتساب الذرة إلكترونات في تفاعل كيميائي (reduction).

إختلاف المنظر: تحوُّل الأجسام ظاهرياً، بعضها بالنسبة لبعض، بتغير موقع المشاهد (كتحريك الأشجار القريبة ظاهرياً بالنسبة للتلال خلفها خلال تحوُّل المشاهد) (parallax).

إختمار، تخمير: عملية تحويل (أو تحوُّل) السكريات النباتية إلى كحول وثاني أكسيد الكربون بواسطة الخمائر (fermentation).

إخصاب: إتحاد الأمشاج (الأعراس) الذكرية بالأمشاج الأنثوية (fertilization).

إخصاب تَهجيني: إخصاب (أو إلفاح) النبات بأمشاج (أو أعراس) من نوع نباتي آخر (cross-fertilization).

إدماع: أنظر «نضج».

أدمة: طبقة ثخينة من النسيج الجلدي تحت البشرة (dermis).

أدمة خارجية: أنظر «بشرة».

إرتاج: لحاق جبهة باردة بأخرى دافئة (occlusion).

إرتحال: أنظر «هجرة».

إرتشاح: أنظر «نشح».

إزاحة: تفاعل كيميائي يُستبدل فيه أيون أو ذرة في جزيء بأيون أو ذرة أخرى (displacement).

إزالة الملوحة، تخلية: إزالة الملح من ماء البحر (desalination).

الأس الهيدروجيني: أنظر «هر».

إستقباب، إستقرار داخلي: وسائل الحيوان لحفظ بيئته الداخلية (درجة الحرارة وضغط الدم والأس الهيدروجيني لوسائل الجسم الخ) مُستقرة (homeostasis).

إستحالة: أنظر «تحوُّل».

إستراتيغرافية، علم طبقات الأرض: دراسة وتوصيف الطبقات الصخرية (stratigraphy).

إستشراب: طريقة فصل المزيج بإمراره خلال وسط مُعين - كورقة ترشيح مثلاً - أجزاء المزيج المختلفة تسري عبر الوسط بشرعات مختلفة. أو هو طريقة لفصل مزيج من المذابات بانتشارها المتباين خلال وسط مُسامي (chromatography).

إستقرار داخلي: أنظر «إستقباب».

إستقلاب بنائي: أنظر «أيض بنائي».

أشابة: خليط من فلزين أو أكثر، أو من فلز ولافلز (alloy).

إشباع: أنظر «تشبع».

إشراق كهربائي، زحلاق كهربائي: فصل الجسيمات المشحونة في مزيج (electrophoresis).

إشعاع (١) موجة كهرومغناطيسية (radiation).

(٢) تيار من الجسيمات المبتعدة من مصدر ذي نشاط إشعاعي (radiation).

(أنظر أيضاً «طيف كهرومغناطيسي»).

إشعاع الخلفية (١) إشعاع خفيض الشدة تبعته موادٌ مُتعة داخل الأرض وحولها (background radiation).

(٢) إشعاع فضائي صغير الأمواج لعله من بقايا الانفجار العظيم (background radiation).

إشعاع دون الأحمر: نمط الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تبعته الأجسام الساخنة (infrared radiation).

الإشعاعية، الفاعلية أو النشاط الإشعاعي: تفكك النوى في ذرات

أيضاً هُدمي: أنظر «إنتقاص».

أيون، شاردة: ذرّة أو مجموعة ذرات فقدت أو اكتسبت إلكترونًا واحدًا أو أكثر لتصبح ذات شحنة كهربائية. (ion)
الأيونوسفير، الغلاف الجوي المتأين: القسم من الغلاف الجوي، على ارتفاع ٥٠ إلى ٤٠٠ كيلومتر عن سطح الأرض، الذي يعكس الأمواج الراديوية (اللاسلكية). (ionosphere)

ب

باثوليت: قبة من الصخر الناري تصلبت في كتلة جوفية ضخمة. (batholith)

بازلت: صخر بُركاني زمادي داكن أو مشوب. (basalt)
بتروكيماوي، مُستحضر بتروكيماوي: مادة كيميائية تُحضّر من النفط أو من الغاز الطبيعي. (petrochemical)

بثومي: أنظر «قبري».

برامجيات: البرامج التي يستخدمها الحاسوب. (software)
برج (فلكي): أنظر «كوكبة».

برخان: كتيف رملي هلالِي مُقرّن. (barchan)
برنامج: سلسلة من التعليمات المُشفّرة (المُرّة) لتشغيل الحاسوب. (program)

بروتون، أوّيل: جسيم في نواة الذرة يحمل شحنة كهربائية موجبة (وهو يُولف النواة في ذرة الهيدروجين العادية). (proton)
بروتين: مادة غذائية يحتاجها الجسم للنمو والتصلب تُوجد في الأطعمة كالشحم واللحوم والحبوب والبقوليات (كالفاصولياء والفول واللوبيا). (protein)

البشرة، التعقيم: إحماء الطعام لقتل البكتيريا أو الجراثيم (المُسببة للمرض) فيه. (pasteurization)
بشرة، أدمة خارجية: الطبقة الخارجية من الجلد. (epidermis)
بطارية، مزكم: سلسلة من خليتين كهربائيتين أو أكثر تُنتج وتخزن الكهرباء. (battery)

البقع الشمسية، كلف الشمس: بقع على سطح الشمس أبرز ما خوالها فتبدو أذكى مما حوالها. (sunspots)
بكتريا: أنظر «جراثيم».

بلازما (١): فصل الدم، الجزء السائل من الدم. (plasma)
(٢): غاز حام مشحون بالكهرباء، الإلكترونات فيه مُحرّرة من ذراتها. (plasma)
بلسار، نباض كوني: نجم كثيف. (pulsar)
بلورة: بنية مادية جامدة ذات شكل مُنظم. (crystal)
بوصلة ذوّارة: أنظر «خيروسكوب».

بوليمر: أنظر «مكثور».

البياض: مُغلّ ما يعكسه جسم، بخاصة كوكبا أو قمرًا، من نور الشمس. (albedo)
بين جليدي: فترة طقس دافئ نسبياً بين عشرين جليديين. (interglacial)

البيولوجية: أنظر «علم الحياة».

بيئة: المحيط أو الوسط الذي يتواجد فيه حيوان أو نبات. (environment)
البيئيات، علم البيئة: دراسة العلاقات بين المتعضيات وبيئتها. (ecology)

ت

تابع: أنظر «سائل».

التاريخ الإشعاعي: طريقة لتقدير عمر الأشياء بقياس نسبة النظائر المشعة التي اضمحلت فيها. (radioactive dating)
تأكسد: أنظر «أكسدة».

تألق: أنظر «فلورية».

التبخّر، التبخر: تحوّل أو تحويل السائل إلى بخار بانفلات الجزيئات من سطحه. (evaporation)

تحات: أنظر «حت».

تحريض: أنظر «حت».

تخلل، تفكك، إنجلال:

(١) تخلل عضوي. (decomposition)

(٢) تفكك أو تفكك الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات أصغر. (decomposition)

التخلل أو التحليل الكهربائي: أنظر «كهزلة».

تخلية: أنظر «إزالة الملوحة».

التحليل الكمي: لتحديد التركيب النسبي لمكونات المادة موضع الاختبار. (quantitative analysis)

التحليل الكهربائي: أنظر «كهزلة».

التحليل النوعي: لإيجاد مكونات المادة أو المركب موضع الاختبار. (qualitative analysis)

تحوّل، استحالة: تغبّر أو تحوّل الشكل، مثلاً التحوّل من يثروع إلى خابرة في تطور الحشرات. (metamorphosis)

تحوّل مُفاجئ: أنظر «مفجرة».

تخلخل: مناطق على طول الموجة الطولية (كموجة الصوت) حيث ضغط الجزيئات وكثافتها خفيضان. (rarefaction) (قارن «انضغاط»).

تخليق، توليف، تركيب اصطناعي: ابتناء جزيئات أكبر من جزيئات أصغر أو ذرات. (synthesis)

التخليق الضوئي، التمثيل الضوئي: الطريقة التي يصنع بها النبات الغذاء من الماء وثاني أكسيد الكربون باستخدام طاقة الشمس. (photosynthesis)

تخفّر: أنظر «اختمار».

تخمير: أنظر «اختمار».

تداخل: تشوُّش الإشارات الناتج من تقابل موجتين أو أكثر. (interference)

تذبذب هالي: أنظر «ذوابة».

ترابط إسهامي: رابطة كيميائية تتبّ بأشراك الذرات في إلكترون أو أكثر. (covalent bond)

تربين، تربينة، عنفة: مكنة تدّار بمائع مُندفق (عبر أرياشها) يُدير بدورها مولدًا كهربائيًا. (turbine)

ترجيغ الصدى: أنظر «إصداء».

تردد، تواتر: عدد الموجات التي تعبر نقطة مُحددة في الثانية. (frequency)

تردد عال جدًا: أمواج راديوية ترددها بين ٣٠ و ٣٠٠ ميغاهرتز (أطوالها من ١٠ أمتار إلى متر). (VHF)

تردد فوق العالي: أمواج راديوية ترددها بين ٣٠٠ و ٣٠٠٠ ميغاهرتز (أطوالها من متر إلى ١٠ سم). (UHF)

تركيب اصطناعي: أنظر «تخليق».

تركيز: قياس لقوة المحلول أي كمية المذاب في كمية مُعيّنة من المذيب. (concentration)

التروپوبوز، منطقة الرُكود (السُفل): الحد بين التروپوسفير (الغلاف الجوي السفلي) والستراتوسفير (الغلاف الجوي الطبقي) حيث الطبقة الحرارية الثابتة نوعًا. (tropopause)
التروپوسفير، الغلاف الجوي السفلي: طبقة الجو السفلي بين سطح الأرض والستراتوسفير (الغلاف الطبقي) حيث تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع؛ مُغلّ شمسها ١٢ كيلومترًا. (troposphere)

تسارع، عجلة: مقدار تغبّر السرعة في وحدة الزمن. (acceleration)
تساقط: ما يتساقط من الجو مطرًا أو ثلجًا أو بردًا. (precipitation)

التسامي، التصفّد، التصعيد: تحوّل المادة الجامدة من جامد إلى غاز مباشرة دون المرور بحالة السائلة. (sublimation)
تشابك عصبي: أنظر «مشبك».

تشبع، إشباع: حال المحلول عندما لا يمكن إذابة مزيد من المذاب فيه. (saturation)

تشعيع، تعريض للإشعاع: استخدام الإشعاع لحفظ الطعام. (irradiation)

تصحّر: تحوّل إلى صحاري (أو تكوّن الصحاري). (desertification)

تصريف: أنظر «تفريغ».

التصفّد، التصعيد: أنظر «التسامي».

التصوير التجسيمي: طريقة لتصوير شيء شجسًا (ثلاثي الأبعاد) على سطح مُنسط باستخدام ضوء الليزر المشطور. (holography)

تصويل، نض: استخلاص مادة ذوّابة من مزيج بإمرار مذيب في ذلك المزيج. (leaching)

تضمين: إرسال الإشارة بتغيير خصائص الموجة الراديوية (أي الموجة الحاملة). (modulation)

تضمين التردد: إف إم: إرسال الإشارة بتغيير تردد الموجة الحاملة - كموجة راديوية مثلاً. (FM)
تضمين الذروة، تضمين السعة: نقل أو إرسال الإشارات بتغيير ذروة الموجة الحاملة. (AM)

تطهير: أنظر «تعقيم».

تطوّر - يتطوّر: يخضع لعملية التطوّر أو التطوير. (evolve)

التطوّر: العمليات التدريجية التي بها نشأت الحياة وتطوّرت بالتغيّرات المختلفة. (evolution)

تطوّر مُتقارب: تطوّر معالِم وميزات مُتماثلة في أنواع مختلفة بسبب تعرّضها لظروف بيئية مُتماثلة. (convergent evolution)

تعاذل - يتعاذل: أنظر «عادل».

تعاذل: أنظر «توازن».

تعاقب، توال: عملية التحوّل من نظام بيئي إلى آخر، مثلاً من مراعي عُشبية إلى غابات. (succession)

تعريض للإشعاع: أنظر «تشعيع».

تعظم - يتعظم: يتحوّل إلى عظم. (ossify)

تعقيم، تطهير: جعل الشيء خاليًا من الجراثيم (البكتيريا). (sterilization)

تغبّر اللون بالضوء: أنظر «تغبّر اللون بالضوء».

تفاعل (كيميائي): تغبّر يُبدّل خصائص المادة الكيميائية أو يُنتج مادة جديدة. (reaction)

تفاعل ماص للحرارة: تفاعل كيميائي تمتص الحرارة خلاله من الوسط المحيط. (endothermic reaction)

تفاعل مُتسلسل: تفاعل يستمرّ تلقائيًا - كالتفاعل النووي الانشطاري الذي يُنتج نيوترونات تُسبب بدورها انشطار ذرات أخرى. (chain reaction)

تفاعل نووي: تغبّر يحصل في نواة الذرة. (nuclear reaction)
تفاعلية، مُفاعلية: قدرة المادة على الدخول في تفاعل كيميائي. (reactivity)

التفجّي، التفكّف: توسّع الشقوق في الصخر بفعل الهواء المضغوط. (cavitation)

تفريغ، تصريف: تسريع (إطلاق) الطاقة المختزنة أو تحويلها. (discharge)

تفكك - يتفكك: أنظر «إثحل».

تفكك: أنظر «تخلل».

تقلوّر: أنظر «فلورية».

تقطير: عملية يُغل فيها السائل ويُكثّف بخاره. يُستخدم التقطير لفصل السوائل المُتباينة درجة الغليان أو لثغية السائل نفسه. (distillation)

التكاثر الجنسي: التوالد الذي يُتطوي على اتحاد مُثليّ (عُرس) ذكري وآخر أنثي. (sexual reproduction)

تكاثر لاجنسي: تكاثر بفرّ واحد فقط (شائع في النبات والحيوانات الدنيا). (asexual reproduction)

تكاثف، تكثف: تحوّل الغاز أو البخار إلى سائل. (condensation)
تكافؤ: عدد الروابط الكيميائية التي تستطيع الذرة إجراؤها مع ذرة أخرى. (valency)

التكتونيات اللوحية: دراسة الإثجراف القاري وامتداد قيعان البحار. (plate tectonics)
تكثف: أنظر «تكاثف».

التكسير: عملية قلع الجزيئات (النفطية) الكبيرة إلى آخر أصغر بالإحماء تحت الضغط. (cracking)

التكثف: أنظر «التفجّي».

تكثف: أنظر «تهايؤ».

تلاصق: أنظر «التصاق».

تلوث: موادّ تُوسّخ أو تُسبّط الهواء أو الماء أو التربة والبيئة - كالتلوثات الكيميائية من المصانع مثلاً. (pollution)

تماسك: جاذبية التماسك بين جسيمات المادة نفسها. (cohesion)
التمثيل الضوئي: أنظر «التخليق الضوئي».

ت م ح: تصميم مُعان حاسوبيًا. (CAD)
تفويه: اللون والعلامات والشكل الذي يُساعد الحيوان أو النبات على الإختار في بيئته. (camouflage)

التناسل العذري: التوالد أو التكاثر بدون تزاوج. (parthenogenesis)

تناضح، إنتشار أرموسي: انتقال ماء غير غشائ يضاف مُنفذ من محلول خفيض التركيز إلى آخر عالي التركيز. (osmosis)

التنجيم: مُبحث تأثير حركات النجوم والكواكب في حياة الإنسان. (astrology)

التنفس: عملية تأخذ بها الكائنات الحيّة الأكسجين وتستخدمه لتفكيك الطعام وتحليله مُنتجة ثاني أكسيد الكربون وطاقة. (respiration)

التنفس الحيواني: نوع من التنفس يتطلّب وجود الأكسجين. (aerobic respiration)

تنفّس لاهوائي، تنفّس لاهوائي: نوع من التنفس لا يتطلّب تواجد الأكسجين، وهو يُنتج طاقة أقلّ من التنفس الحيواني. (anaerobic respiration)

تهايؤ، تكثف: نضط التغيّرات التي تطرأ على النبات أو الحيوان على مدى أجيال عديدة ليُصبح أفضل مواءمة للعيش في بيئة مُعيّنة. (adaptation)

تواتر: أنظر «تردد».

توازن، إتران، تعادل: حالة التوازن فيزيائيًا أو كيميائيًا. (equilibrium)

توال: أنظر «تعاقب».

التوالد الجنسي: أنظر «التكاثر الجنسي».

التوتر السطحي: ظاهرة يبدو بها سطح السائل وكأنه ذو غشاء مرّن؛ وسبب ذلك قوى التماسك بين الجزيئات السطحية. (surface tension)

توصيل، نقل: انتقال الحرارة أو الكهرباء عبر المادة. (conduction)

توليف: أنظر «تخليق».

تيار حراري صاعد: تيار هواء ساخن صاعد في الجو. (thermal)

تيار كهربائي: سريان الإلكترونات أو الأيونات. (electric current)

تيار مُتردد: أنظر «تيار مُتناوب».

تيار مُتناوب: تيار كهربائي ينعكس اتجاهه بانتظام على تردد مُحدّد. (alternating current)

تيار مُستقيم: تيار كهربائي يسري في اتجاه واحد فقط. (direct current)

(قارن «تيار مُتناوب»).

تَيَّارٌ نَفَّاثٌ: تَيَّارٌ هَوَائِيٌّ قَوِيٌّ يَدُورُ حَوْلَ الْأَرْضِ (بِمَوَازَاةٍ حُطُوطِ تَسَاوِي الضَّغْطِ) عَلَى ارْتِفَاعٍ قُرَابَ ٦ كِيلُومَترَاتٍ مِنْ سَطْحِهَا.

(jet stream)

تَيْفُونٌ: إِعْصَارٌ مَدَارِيٌّ فِي الْمَحِيطِ الْهَادِي. (typhoon)

ث

الثَّابِتُ الشَّمْسِيُّ: كَمِيَّةُ الطَّاقَةِ الْحَرَارِيَّةِ مِنَ الشَّمْسِ السَّاقِطَةِ عَلَى مِسَاحَةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنْ سَطْحِ الْأَرْضِ (حَوَالِي ٠.١٣٤ جول/سم^٢ في الثانية - خَارِجُ الْجُزْءِ). (solar constant)

ثَالِثُ فُسْفَاتِ الْأَدِينُوسِينَ: مُرَكَّبٌ كِيمَاوِيٌّ يَخْتَزِنُ الطَّاقَةَ فِي خَلَايَا النَّبَاتَاتِ وَالْحَيَوَانَاتِ. (ATP)

ثَانِي فُسْفَاتِ الْأَدِينُوسِينَ: مُرَكَّبٌ يَنْتُجُ عِنْدَمَا يُطْلَقُ ثَالِثُ فُسْفَاتِ الْأَدِينُوسِينَ طَاقَةً. (ADP)

تِرْمِسْتُورٌ، مُقَاوِمٌ حَرَارِيٌّ: مُقَاوِمٌ كَهْرَبَائِيٌّ تَتَغَيَّرُ مُقَاوِمَتُهُ بِتَغْيِيرِ دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. (thermistor)

تِرْمُوسْفِيرٌ، الْغِلَافُ الْحَرَارِيٌّ: الْقِسْمُ مِنَ جَوِّ الْأَرْضِ بَيْنَ الْمِيْرُوسْفِيرِ (الْغِلَافِ الْمُتَوَسِّطِ) وَالْإِكْسُوسْفِيرِ (الْغِلَافِ الْخَارِجِيِّ). (thermosphere)

تُغْبِرَةٌ، فُتَيْهَةٌ: فَتْحَةٌ دَقِيقَةٌ فِي وَرَقَةٍ أَوْ سَاقِ النَّبَاتِ يَعْبرُ مِنْهَا بُخَارُ الْمَاءِ وَالْغَازَاتِ. (stoma)

ثَقْبٌ أَسْوَدٌ: جِرْمٌ عَالِي الْكثَافَةِ جِدًّا فِي الْفَضَاءِ - جَازِبِيَّتُهُ مِنَ الشَّدَةِ بِحَيْثُ يَجْذِبُ أَيَّ شَيْءٍ حَوْلَيْهِ حَتَّى الضَّوءَ - إِذَا يَبْدُو أَسْوَدَ.

(black hole)

ثَقْلٌ: أَنْظَرُ «وَرْنٌ».

ج

جَازِبِيَّةٌ (١) قُوَّةُ التَّجَاذُبِ بَيْنَ كَتَلَتَيْنِ. (gravity)

(٢) جَازِبِيَّةُ الْأَرْضِ الَّتِي تُشَدُّ إِلَيْهَا كُلُّ الْأَجْسَامِ فَتَكْسِبُهَا ثِقَالَةً أَوْ وَرْنًا. (gravity)

جَبْهَةٌ: مُقَدِّمُ كُتْلَةٍ قَائِمَةٍ مِنَ الْهَوَاءِ الْبَارِدِ أَوْ السَّاجِنِ. (front)

جَبَيْئَلَةُ الْيَخْضُورِ: إِحْدَى جُسَيْمَاتٍ دَقِيقَةٍ فِي خَلَايَا النَّبَاتَاتِ الْخَضِرَاءِ

تَحْوِي الْيَخْضُورَ (الْكُلُورُوفِيل). (chloroplast)

الْجَدْوَلُ الدَّوْرِي (لِلْعَنَاصِرِ): جَدْوَلٌ بِجَمِيعِ الْعَنَاصِرِ مُرْتَبَةً حَسَبَ أَعْدَادِهَا الذَّرَوِيَّةِ. (periodic table)

جُرْثُومٌ: نَحْوِيٌّ مَجْهَرِيٌّ أَحَادِيٌّ الْخَلِيَّةِ. وَهُوَ وَاحِدُ الْجَرَائِمِ أَوْ الْبَكْتِيرِيَا. («bacterium» pl. bacteria)

جُرْسٌ، طَابِعُ الصَّوْتِ: نَوْعِيَّةُ الصَّوْتِ الْمُوسِيقِيِّ. (timbre)

جُزْمٌ سَمَاوِيٌّ، جِرْمٌ فَلَكَئِيٌّ: جِسْمٌ طَبِيعِيٌّ فِي الْفَضَاءِ كَالنَّجْمِ أَوْ الْكَوْكَبِ. (celestial body)

جُزْيٌ: أَصْغَرُ وَاحِدَةٍ مِنَ غُنْصَرٍ أَوْ مُرَكَّبٍ تَتَوَاجَدُ مُسْتَقْلِلَةً، وَيَتَأَلَّفُ الْجُزْيُ مِنَ ذَرَّتَيْنِ عَلَى الْأَقْلَ. (molecule)

جُزْيَةٌ غَرَامِيَّةٌ: أَنْظَرُ «مُولٌ».

جِسْمٌ مُضَادٌ، ضِدٌّ: بَرُوتِينٌ فِي الدَّمِ يَبْقِي الْجِسْمَ بِمُكَافَأَةِ الْأَجْسَامِ الْغَرِيبَةِ كَالْبَكْتِيرِيَا وَالْفَيْرُوسَاتِ. (antibody)

جُسَيْمٌ: دَقِيقَةٌ (أَوْ جُسَيْمَةٌ صَغِيرَةٌ جِدًّا) مِنَ الْمَادَّةِ. (particle)

جُسَيْمٌ دُونَ الذَّرِيَّةِ: جُسَيْمٌ أَصْغَرُ مِنَ الذَّرِيَّةِ، كَالْهَيْرُوتُونِ أَوْ التِّيُوتَرُونِ مِثْلًا. (subatomic particle)

جُسَيْمٌ رِيْبِيٌّ: أَنْظَرُ «رِيْبَاسَةٌ».

جَفَافٌ، قَحْطٌ: انْجِبَاشُ الْمَطَرِ لِفَتْرَةٍ طَوِيلَةٍ. (drought)

جَفَفٌ - يُجَفَّفُ، يُنْشَفُ: يُجَفَّفُ مَادَّةٌ تَمَامًا بِنَزْعِ الْمَاءِ مِنْهَا. (dessicate)

جَلِيدٌ أَسْوَدٌ: جَلِيدٌ صَلْدٌ رَقِيقٌ شَفَافٌ - بِخَاصَّةٍ عَلَى سَطْحِ طَرِيقِ. (black ice)

جَمَاعَةٌ، مَجْمُوعَةٌ (بِئِيَّةٌ): جَمَاعَةٌ مِنَ النَّاسِ أَوْ الْحَيَوَانَاتِ تَعِيشُ فِي الْمَوْقِعِ نَفْسِهِ. (community)

الْجَمْلَةُ اللَّفْمِيَّةُ: شَبَكَةٌ مِنَ الْأَنْبَابِ وَالْأَعْضَاءِ الصَّغِيرَةِ تَحْمِلُ سَائِلَ اللَّفْمِ مِنَ خَلَايَا الْجِسْمِ إِلَى مَجْرَى الدَّمِ. (lymphatic system)

جَهَارَةٌ: مِقْيَاسُ حَجْمٍ أَوْ ارْتِفَاعٍ الصَّوْتِ. (volume)

جِهَازٌ تَرْشِيعٌ: أَنْظَرُ «مُرْشِيعٌ».

جُهْدٌ، مَجْهُودٌ: قُوَّةٌ تُبْذَلُ أَوْ تُسَلَّمُ لِتَحْرِيكِ ثَقْلٍ. (effort)

جَوٌّ: طَبَقَةُ الْغَازَاتِ الْمَحِيطَةِ بِكَوْكَبٍ. (atmosphere)

جُولٌ: وَاحِدَةُ طَاقَةٍ (= وَاطٌ ثَانِيَّةٌ). (joule)

جَيروسكُوبٌ، بَوَصْلَةُ دَوَّارَةٍ: دَوَلَابٌ سَرِيعُ الدَّوْرَانِ يَظَلُّ مَحْوُورُهُ يُشِيرُ إِلَى الْإِتْجَاهِ نَفْسِهِ مَا دَامَ دَوَّارًا. تُسْتَخْدَمُ الْبَوَصْلَةُ الْجَيروسكُوبِيَّةُ فِي مِلَاحَةِ السُّفُنِ وَالطَّائِرَاتِ. (gyroscope)

جِينَةٌ، مُورِّثَةٌ: جُزْءٌ مِنَ الْكُرُومُوسُومِ (الصُّبْغِيِّ) يَتَحَكَّمُ فِي صِفَةِ مُعَيَّنَةٍ مِنَ صِفَاتِ الْفَرْدِ. (gene)

الْجِيُومُورْفُولُوجِيَّةُ: دَرَاسَةُ شَكْلِ الْأَرْضِ وَتَضَارِيصِهَا وَتَطَوُّرِهَا. (geomorphology)

ح

حَاثِيَةٌ: أَنْظَرُ «مُرمون».

حَالٌ أَوْ مُفَكِّكٌ غُضُويٌّ: مُتَغَضِّصٌ دَقِيقٌ كَالْبَكْتِيرِيَا يُفَكِّكُ الْمَادَّةَ الْمَيِّتَةَ. (decomposer)

حَابِضٌ، حَفْضٌ: مُرَكَّبٌ يَحْوِي الْهَيْدُرُوجِينَ يَنْخَلُّ فِي الْمَاءِ لِيُغَطِّيَ أَيُونَاتِ الْهَيْدُرُوجِينَ. (acid)

الْحَابِضُ النَّوَوِيُّ الرَّيْبِيُّ الْمُنْقُوصُ الْأَكْسِجِينُ: أَنْظَرُ «د ن أ».

حَتٌّ، تَحَاتٌ: تَاكُلُ سَطْحُ الْأَرْضِ وَتَقْتُلُهُ نَتِيجَةُ لِتَأَثِيرَاتِ الطَّقْسِ وَالْمَاءِ وَالْجَلِيدِ. (erosion)

حَتٌّ (طَبِيعِيٌّ): إِتْجَاحَاتُ السَّطْحِ بِفَعْلِ الصَّخُورِ الْمَحْمُولَةِ فِي الْجَلِيدِ أَوْ الْمَاءِ. (corrasion)

حَتٌّ (كِيمَاوِيٌّ)، إِتْكَالٌ: إِتْكَالُ سَطْحِ الْفِلْزِ كِيمَاوِيًّا. (corrosion)

حَتٌّ، تَحْرِيزٌ: تَوْلِيدُ تَيَّارٍ كَهْرَبَائِيٍّ بِمَجَالٍ مَغْنَطِيسِيٍّ مُتَغَيِّرٍ. (induction)

حَجْمٌ: مِقْدَارُ الْخَبَرِ الَّذِي تَشْغَلُهُ الْمَادَّةُ أَوْ الْجِسْمُ. (volume)

الْحَرَارَةُ الْكَامِنَةُ: الْحَرَارَةُ اللَّازِمَةُ لِتَحْوِيلِ الْجَامِدِ إِلَى سَائِلٍ أَوْ السَّائِلِ إِلَى غَازٍ دُونَ تَغْيِيرٍ فِي دَرَجَةِ الْحَرَارَةِ. (latent heat)

الْحَرَكَةُ الْبَرَاوْنِيَّةُ، نَعْفَاشٌ: الْحَرَكَةُ الْعَشَوَاتِيَّةُ لِلْجُسَيْمَاتِ الدَّقِيقَةِ فِي سَائِلٍ أَوْ غَازٍ بِسَبَبِ تَصَادُمِ الْجُرَيْثَاتِ بَعْضِهَا مَعَ بَعْضٍ. (Brownian movement)

حَفَازٌ: مَادَّةٌ كِيمَاوِيَّةٌ تُسْرِعُ التَّغَاوُلَ الْكِيمَاوِيَّ بِوَسَاطَتِهَا دُونَ أَنْ يَطْرَأَ عَلَيْهَا تَغْيِيرٌ فِي نَهَايَةِ التَّغَاوُلِ - فِيهِ عَامِلٌ مُسَاعِدٌ فَقَطْ. (catalyst)

حَفْرِيَّةٌ: أَنْظَرُ «أَحْفُورَةٌ».

حَلُولٌ حَيَوِيٌّ: أَنْظَرُ «دُرُوكٌ حَيَوِيٌّ».

حُمَةٌ (ج. حُمَاتٌ): أَنْظَرُ «فَيْرُوسٌ».

حُمْرِيٌّ: أَنْظَرُ «قِيْرِيٌّ».

حَفْضٌ: أَنْظَرُ «حَابِضٌ».

الْحَخْلُ (الْحَرَارِيٌّ): إِتْقَالُ الْحَرَارَةِ فِي مَانِعٍ بِوَاسِطَةِ التِّيَّارَاتِ دَاخِلِ الْمَانِعِ. (convection)

الْحَجْلُ الْأَجْرِي: الْمَعْدَاثُ (مِثْلًا سَائِلٌ فَضَائِيٌّ) الَّتِي تَحْمِلُهَا الْقَرْبَةُ الْفَضَائِيَّةُ إِلَى الْفَضَاءِ. (payload)

حُمْوٌ عَالَمِيٌّ: تَسَخُّرٌ جَوِّ الْأَرْضِ بِتَأَثِيرِ ظَاهِرَةِ الدَّفِيفَاتِ. (global warming)

حُوبِصَلَةٌ خَيْطِيَّةٌ، كَيْسَةٌ خَيْطِيَّةٌ: خَلِيَّةٌ لَاسِعَةٌ يَنْطَلِقُ مِنْهَا خَيْطٌ مُلْتَفٌّ طَوِيلٌ كَمَا فِي شَقِيقِ الْبَحْرِ. (nematocyst)

حُوبِصَلَةٌ رَثَوِيَّةٌ: إِحْدَى الْكَيْسَاتِ الْهَوَاتِيَّةِ الدَّقِيقَةِ الْكَثِيرَةِ الْعِدَدِ فِي الرِّئَةِ. (alveolus «pl. alveoli»)

حَيِّدٌ - يُحَيِّدُ: أَنْظَرُ «عَادِلٌ».

حَيَمِينَ: أَنْظَرُ «شَيْتَامِينَ».

حَيَوَانٌ فَقَارِيٌّ: أَنْظَرُ «فَقَارِيٌّ».

حَيَوَانٌ لَيْلِي النَّشَاطِ: أَنْظَرُ «لَيْلِيٌّ».

حَيُودٌ: أَنْظَرُ «إِنْعِرَاجٌ».

حَيُومٌ: نِظَامٌ بَيْنِيٌّ كَبِيرٌ - مِثْلًا غَايَةُ مَدَارِيَّةٌ أَوْ صَحْرَاءٌ. (biome)

حَيَوِيٌّ التَّوَلَّدَ: تَنْبُجُهُ الْمُنْتَضِجَاتِ. (biogenic)

حَيَوِيٌّ مَجْهَرِيٌّ: أَنْظَرُ «مُتَغَضِّصٌ صُغْرِيٌّ».

خ

الْخَاصَّةُ الشَّعْرِيَّةُ: أَنْظَرُ «شَعْرِيَّةٌ».

خَامٌ، رَكَازٌ: صَخْرٌ طَبِيعِيٌّ يُمَكِّنُ اسْتِخْرَاجَ فِلْزَاتٍ مِنْهُ. (ore)

الْخَرَائِطَاتُ: عِلْمٌ زَسَمِ الْخَرَائِطِ. (cartography)

خَرْجٌ، مُخْرَجٌ: الْمَعْلُومَاتُ الْمُحْصَلَةُ مِنَ الْحَاسُوبِ. (output)

الْخَرْفَاتِياتُ: أَشْيَاءٌ مَصْنُوعَةٌ مِنَ الطِّينِ أَوْ الصُّيْنِيِّ وَمَشْوِيَّةٌ فِي أَثُونٍ. (ceramics)

خُسُوفٌ أَوْ خُسُوفٌ: حُجُبٌ جِرْمٌ فَلَكَئِيٌّ يَظَلُّ جِرْمٌ آخَرٌ. (eclipse)

(أَنْظَرُ «خُسُوفُ الْقَمَرِ» وَ«خُسُوفُ الشَّمْسِ».)

خُسُوفُ الْقَمَرِ: دُخُولُ الْقَمَرِ فِي ظِلِّ الْأَرْضِ فَلَا يُرَى. (lunar eclipse)

خَشَبٌ: أَنْظَرُ «نَسِيجٌ خَشَبِيٌّ».

خَشْبِينَ: أَنْظَرُ «لِجْنِينَ».

خَضَبٌ، خَضَابٌ: مَادَّةٌ تُكْسِبُ الْمَوَادَّ لَوْنًا (لَكِنَّهَا بِخِلَافِ الصُّبْغِ لَا تَذُوبُ فِيهَا). (pigment)

خَطُّ الْإِسْتَوَاءِ: خَطٌّ وَهْمِيٌّ حَوْلَ وَسْطِ الْأَرْضِ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ الشَّمَالِيِّ وَالْجَنُوبِيِّ عَلَى بُعْدٍ مُتَسَاوٍ مِنْ كُلِّهِمَا. (Equator)

خَطُّ تَسَاوِي الرِّجْفَةِ (أَوْ الزَّلْزَلَةِ): خَطٌّ عَلَى خَرِيطَةٍ يَصِلُ الْمَوَاقِعَ الَّتِي تَسَاوَتْ (أَوْ تَتَسَاوَى) فِيهَا رَجْفَةٌ أَوْ شِدَّةُ الزَّلْزَالِ. (isoseism)

خَطُّ تَسَاوِي الضَّغْطِ: أَنْظَرُ «أَيْسُوبَارٌ».

خَطُّ الطُّولِ، قُوسُ الطُّولِ: مِقْيَاسُ الْمَسَافَةِ حَوْلَ الْأَرْضِ بِالْذَّرَجَاتِ. خُطُوطُ الطُّولِ هِيَ خُطُوطٌ (أَقْوَاسٌ) وَهْمِيَّةٌ تُرْسَمُ عَلَى سَطْحِ الْأَرْضِ بَيْنَ الْقُطْبَيْنِ. الْخَطُّ الْمَارُّ بِجَرِينَتَشْ بُعْدُهُ (وَدَرَجَتُهُ) صَفْرٌ. (longitude)

خَطُّ الْغُرْضِ، غُرْضٌ (جُغْرَافِيٌّ): مِقْيَاسُ الْبُعْدِ عَنْ خَطِّ الْإِسْتَوَاءِ (٩٠° لِلْقُطْبَيْنِ وَصَفْرٌ لِحَطِّ الْإِسْتَوَاءِ). خُطُوطُ الْغُرْضِ هِيَ خُطُوطٌ وَهْمِيَّةٌ تُرْسَمُ حَوْلَ الْأَرْضِ مُوَازِيَةً لِحَطِّ الْإِسْتَوَاءِ. (latitude)

خُطُوطُ فَرَاوْنُهوفر: خُطُوطٌ سُودَاءٌ فِي الطِّيفِ الشَّمْسِيِّ سَبَّهَا امْتِصَاصُ عَنَاصِرٍ فِي غَازَاتِ الشَّمْسِ لِأَطْوَالٍ مُوجِيَّةٍ مُعَيَّنَةٍ مِنَ الضَّوءِ. (Fraunhofer lines)

خُلُوطٌ: أَنْظَرُ «مَرْوَجٌ».

خَلِيَّةٌ (١) أَصْغَرُ وَاحِدَةٍ فِي الْمُنْتَضِجِي دَاثٌ كَيَانٌ حَيَوِيٌّ قَائِمٌ بِذَاتِهِ. (cell)

(٢) نَبِيْطَةٌ قَلْطَانِيَّةٌ تُنْتِجُ الْكَهْرِبَاءَ بِالتَّغْيِيرَاتِ الْكِيمَاوِيَّةِ. (cell)

خَلِيَّةٌ بِدَائِيَّةُ النَّوَاةِ: خَلِيَّةٌ لَا نَوَاةَ (مُتَمَيِّزَةٌ) فِيهَا. (prokaryotic cell)

خَلِيَّةٌ ثُنَائِيَّةُ الصُّبْغِيَّاتِ: أَنْظَرُ «خَلِيَّةٌ صُغْفَانِيَّةٌ».

خَلِيَّةٌ جُنْسِيَّةٌ: أَنْظَرُ «مَشِيْجٌ». (sex cell)

خَلِيَّةٌ حَقِيقِيَّةُ النَّوَاةِ: خَلِيَّةٌ دَاثٌ نَوَاةٌ. (eukaryotic cell) (قَارِنْ «خَلِيَّةٌ بِدَائِيَّةُ النَّوَاةِ».)

خَلِيَّةٌ صُغْفَانِيَّةٌ: خَلِيَّةٌ دَاثٌ مَجْمُوعَتَيْنِ كَامِلَتَيْنِ مِنَ الصُّبْغِيَّاتِ (الْكُرُومُوسُومَاتِ). (diploid cell)

خَلِيَّةٌ فَرْدَانِيَّةُ (الصُّبْغِيَّاتِ): خَلِيَّةٌ دَاثٌ مَجْمُوعَةٌ أَحَادِيَّةٌ (فَرْدِيَّةٌ) مِنَ الْكُرُومُوسُومَاتِ (الصُّبْغِيَّاتِ). (haploid cell)

خَلِيَّةٌ قَلْطَانِيَّةٌ: أَنْظَرُ «خَلِيَّةٌ (٢)».

خَلِيَّةٌ (كَهْر) ضَوْوِيَّةٌ: نَبِيْطَةٌ إِلِكْتَرُونِيَّةٌ تُؤَلِّدُ الْكَهْرِبَاءَ عِنْدَ سُقُوطِ ضَوْءٍ عَلَيْهَا (كَمَا الْحَاسِبَةُ الَّتِي تَعْمَلُ بِالْقُدْرَةِ الشَّمْسِيَّةِ). (photocell)

خَلِيَّةٌ لِفْتَةٍ: أَنْظَرُ «لِفَاوِيَّةٌ».

خَلْيُوزٌ: أَنْظَرُ «سِيلْيُولُزٌ».

خَوَاءٌ: أَنْظَرُ «فَرَاغٌ».

خُوطٌ، خَيْطٌ فُطْرِيٌّ: أَخَذُ الْخُيُوطِ الدَّقِيقَةِ الَّتِي تُؤَلِّفُ الْجِسْمَ الرَّئِيسِيَّ لِلْفُطْرِ. (hypha)

الْخِيْمِيَاءُ: عِلْمُ الْكِيمِيَاءِ الْقَدِيمَةِ الَّذِي اسْتَهْدَفَ بِشَكْلٍ خَاصٍّ تَحْوِيلَ الْمَعَادِنِ الرَّخِيسَةِ كَالرَّصَاصِ إِلَى ذَهَبٍ. (alchemy)

د

دَارٌ - يَدُورُ (فِي مَقْدَارٍ): أَنْظَرُ «مَدَارٌ».

دَارَةٌ، دَائِرَةٌ كَهْرَبَائِيَّةٌ: مَسَارٌ يُمَكِّنُ أَنْ يَدُورَ فِيهِ تَيَّارٌ كَهْرَبَائِيٌّ. (circuit)

دَارَةٌ مُتَكَامِلَةٌ أَوْ مُكْتَظَّةٌ: دَارَةٌ كَهْرَبَائِيَّةٌ دَقِيقَةٌ تَتَأَلَّفُ مِنْ مُقَوِّمَاتٍ تُتَبَّثُ فِي رُقَاقَةٍ سِيلْيُونِيَّةٍ. (integrated circuit)

دَارِيٌّ (١) مَحْلُولٌ مُقَاوِمٌ لِلتَّغْيِيرَاتِ فِي الْأَسْطِ الْهَيْدُرُوجِينِيِّ. (buffer)

(٢) دَارَةٌ كَهْرَبَائِيَّةٌ تُسْتَخْدَمُ لِوَصْلِ دَارَتَيْنِ آخَرَتَيْنِ. (buffer)

دَائِرَةُ الْبُرُوجِ، مِنتَقَةُ الْبُرُوجِ: الْكُوكَبَاتُ (أَوْ الْبُرُوجُ) الْإِثْنَا عَشْرَةَ الَّتِي تُرَى فِي السَّمَاءِ. (Zodiac)

دَائِرَةُ كَهْرَبَائِيَّةٌ: أَنْظَرُ «دَارَةٌ».

دَائِيودٌ، صِمَامٌ ثُنَائِيٌّ: نَبِيْطَةٌ إِلِكْتَرُونِيَّةٌ، فِي جِهَازٍ، تَسْمَحُ بِفُرُورِ الْكَهْرِبَاءِ فِي اتِّجَاوٍ وَاحِدٍ فَقَطْ. (diode)

الدَّثَارُ: طَبَقَةٌ ثَخِيْنَةٌ صَخْرِيَّةٌ كَثِيفَةٌ نَحْتُ الْقَشْرَةَ الْأَرْضِيَّةَ. (mantle)

دَخَلٌ، مُدْخَلٌ: الْمَعْلُومَاتُ أَوْ الْعِلْمُومَاتُ الَّتِي يُغْذَى بِهَا الْحَاسُوبُ. (input)

دَخْلٌ، وَيُطْلَقُ أَيْضًا عَلَى الدَّخْلِ فِي أَيِّ آلَةٍ.

دَرَجَةُ الْحَرَارَةِ: مِقْيَاسُ لِسْخُونَةِ الشَّيْءِ أَوْ بُرُودِيَّتِهِ النَّسْبِيَّةِ. (temperature)

دَرَجَةُ الْغَلْيَانِ: أَنْظَرُ «نُقْطَةُ الْغَلْيَانِ».

دَرَجَةُ النَّعْمِ، طَبَقَةُ الصَّوْتِ: خَاصِيَّةُ الصَّوْتِ الَّتِي تَجْعَلُهُ عَالِي الْجِدَّةِ أَوْ خَفِيفُهَا. (pitch)

دُرُوكٌ حَيَوِيٌّ: صِفَةُ لِلْمَادَّةِ الَّتِي تَنْخَلُّ فِتْصِيْعٌ عَدِيمَةٌ الْأَذَى طَبِيعِيًّا. (biodegradable)

دَفْعٌ رَافِعٌ، دَفْعٌ غُلُويٌّ: قُوَّةٌ دَفَعُ الْمَانِعِ إِلَى أَعْلَى عَلَى جِسْمٍ مَغْمُورٍ فِيهِ (كَلْبًا أَوْ جُرَيْثًا). (upthrust)

دَفْعٌ نَافُورِيٌّ: أَنْظَرُ «دَفْعٌ نَفَاثٌ».

دَفْعٌ نَفَاثٌ: دَفْعُ الْمَكْنِيَّةِ إِلَى الْأَمَامِ بِانْدِفَاعِ تَيَّارٍ مَانِعٍ إِلَى الْخَلْفِ. (jet propulsion)

دَلِيلُ الْإِنْكَسَارِ: أَنْظَرُ «مُعَامِلُ الْإِنْكَسَارِ».

دَلِيلُ (كِيمَاوِيٍّ): أَنْظَرُ «كَاشِفٌ».

د ن أ، الْحَابِضُ النَّوَوِيُّ الرَّيْبِيُّ الْمُنْقُوصُ الْأَكْسِجِينُ: الْمَادَّةُ الْكِيمَاوِيَّةُ الَّتِي تُؤَلَّفُ الصُّبْغِيَّاتِ وَتَوْجَدُ فِي جَمِيعِ الْخَلَايَا. بِاسْتِطَاعَةِ د ن أ مُضَاعَفَةً نَفْسِهِ لِيَنْقَلِ الْمَعْلُومَاتِ الْوَرَائِيَّةُ (الْجِينِيَّةُ) مِنَ الْوَالِدِ إِلَى الْوَلَدِ. (DNA)

دِيْنَمُو (دِيْنَامُو)، مُؤَلِّدٌ (كَهْرَبَائِيٌّ): مُؤَلِّدٌ يُنْتِجُ تَيَّارًا (كَهْرَبَائِيًّا) مُسْتَمِرًّا. (dynamo)

دَوَاةٌ تَقْوِيْبِيَّةٌ: أَنْظَرُ «غُفْلٌ».

دَوْرَةُ الْكَرْبُونِ: دَوْرَةُ الْكَرْبُونِ (الْمَوْجُودِ فِي ثَانِي أُكْسِيدِ الْكَرْبُونِ) مِنْ الْجَوِّ إِلَى النَّبَاتَاتِ (مُحْتَبِسًا فِي الْكَرْبُوهِدْرَاتِ بِالتَّخْلِيْقِ الضَّوْئِيِّ) إِلَى الْحَيَوَانَاتِ (الَّتِي تَأْكُلُ النَّبَاتَاتِ) ثُمَّ إِلَى الْجَوِّ (بِالتَّنَفُّسِ وَالْإِنْجِلَالِ). (carbon cycle)

دَوِيٌّ جِدَارِ الصَّوْتِ، فَرْقَعَةٌ صَوْتِيَّةٌ: دَوِيٌّ اخْتِرَاقِ جِدَارِ الصَّوْتِ تُحْدِثُهُ الْأَمَوَاجُ الصَّوْتِيَّةُ الْمُبْتَعَثَةُ مِنْ جِسْمٍ تَتَجَاوَرُ شَرْعَتُهُ شَرْعَةُ الصَّوْتِ. (sonic boom)

٤٢٨

تعريفات

ريوستات، مقاومة متغيرة، ناظم التيار: مقاوم يمكن تغيير مقاومته. (rheostat)

ز

ذاتي الإغذاء: نبات يقوم بصنع غذائه بنفسه في عملية التخليق الضوئي. (autotrophic)

ذاكرة قراءة فقط: أنظر «رم».

ذاكرة الوصول العشوائي: رقائق ذاكرة الحاسوب حيث تُخزن المعلومات وتُستعاد - لكن هذه المعلومات تُفقد عند قفل الحاسوب. (RAM)

الذائب: أنظر «المذاب».

ذئبية: أنظر «هيمراز».

ذرة: أصغر جزء من العنصر يدي خصائص ذلك العنصر. تتألف الذرة من نواة، تضم بروتونات ونيوترونات، ويحيط بها إلكترونات مذبذبة. (atom)

ذرة: أنظر «سعة».

ذوق فلقتين: نبات زهرى من ذوات الفلقتين. (dicotyledon)

ذوابة، تذئب هالي: سحابة من الغاز والغبار تُحيط بمركز المذئب. (coma)

ذوبانية، ذوبية: قدرة المذاب (المادة المذابة) على الذوبان. (solubility)

ر

رابطة: التجاذب بين الذرات أو الأيونات الذي يشدها معاً في بؤرة أو جزيء. (bond)

رابطة أيونية: تراثب كيميائي يتم بانتقال إلكترون أو أكثر من ذرة إلى أخرى مما ينتج عنه تكون أيونين متضادتي الشحنة يجذبوا أحدهما الآخر. (ionic bond)

رابطة فلزية: تراثب بين ذرتي فلزتين، فتدور إلكترونات الفلز بحرية حول الذرتين. (metallic bond)

رابطة كيميائية: أنظر «رابطة».

رادار: الكشف وتحديد المدى الراديوي - وسيلة لكشف الأشياء (البعيدة) بإرسال أمواج راديوية والتقاط أصدائها. (radar)

راسب، رسابة: جسيمات جامدة دقيقة في سائل (نتيجة لتفاعل كيميائي) تتخضع في القاع. (precipitate)

رائد فضاء: شخص ذُرب كائح أفراد طاقم سفينة فضائية. (astronaut)

رباط: رباط قصير من نسيج مروّن (قابل للتمدد) يشد العظام والمفاصل معاً. (ligament)

زجم، حجر نيزكي: قطعة من الصخر أو المعدن الفلزي تدخل جو الأرض وتبلغها دون أن تحترق بالكامل. (meteorite)

زحلان كهربائي: أنظر «إشراق كهربائي».

زحيق، مغفر: سائل حلو يوجد في أزهار بعض النباتات. (nectar)

رد فعل: قوة تساوي أخرى في المقدار وتضادها في الاتجاه. لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه. (reaction)

رسابة: أنظر «راسب».

رطوبة: كمية بخار الماء في الهواء. (humidity)

الرغامي، القصبة الهوائية: الأنبوب الرئيسي الذي يحمل الهواء إلى (ويمن) الرئتين. (trachea)

رفع: قوة تدفع من أسفل إلى أعلى تنتج من فرق سرعة الهواء وضغطه على سطحي الجناحين العلوي والسفلي في الطائرة. (lift)

الرقم الهيدروجيني: أنظر «الأس الهيدروجيني».

رقمي: تمثيل كمي بإشارات كهربائية تشير إلى أحد وضعين: قفل أو فتح. (digital) (قارن «نظير»).

ركاز: أنظر «خام».

ركام المالح: صخور وانقاص تخلفها المالح. (moraine)

رم، ذاكرة قراءة فقط: ذاكرة حاسوبية تخزن المعلومات الدائمة، بحيث يمكن استعادتها ولا يمكن تغييرها. (ROM)

زمام، كائن زمام: متعض، كالفطر أو البكتريا، يعيش على المادة الميتة أو النحلة المتفسخة. (saprophyte)

رنين: إنساع ذبذبات الجسم المهتز عندما تتوافق اهتزازاته مع تردده الطبيعي. (resonance)

روبوت: مكنة حاسوبية تتحكم بعمل تلقائي. (robot)

ريا، شرم: خليج ضيق ينتج من قيضان أو انفجار وادي النهر. (ria)

الرياح التجارية: رياح تهب بانتظام نحو خط الاستواء من الشمال الشرقي والجنوب الشرقي. (trade winds)

الرياح الشرقية: رياح رئيسية تهب من الشرق. (Easterlies)

الرياح الغربية: رياح رئيسية تهب من الغرب. (Westerlies)

ريباسة، جسيم ريبسي: أجسام كروية دقيقة في هيولى (سيتوبلازم) الخلايا تصنع فيها البروتينات. (ribosome)

ريخ ذوامية: أنظر «رطوبة».

ريخ موسمية: ريخ قوية يتغير اتجاهها موسميًا، تحمل معها غطراً غزيراً من البحر إلى مناطق كالهند وبنغلاديش. (monsoon)

سنخ: منبت السن وأصله. (alveolus) ويطلق على الحويصلة الرئوية أيضاً.

سونار: «ملاحة وسبر صوتي» - وسيلة لاكتشاف الأجسام والملاحة تحت الماء بإرسال الأمواج الصوتية وتلقي أصدائها. (sonar)

سويداء البؤرة: أنظر «إندوسبيرم».

سويداء الظل: أنظر «ظل».

سيال: الطبقة السطحية من القشرة الأرضية الغنية بالسليكا والألومنيوم. (sial)

سيتوبلازم: أنظر «هيولى الخلية».

سيرن: مركز الأبحاث للمنظمة الأوروبية للأبحاث النووية في جنيف. (CERN)

سيزمومتر، مرجاف: نبيطة تُسجل الاهتزازات الأرضية، كذلك الناتجة عن الزلازل. (seismometer)

سيما: الطبقة السفلى من الغلاف الصخري الغنية بالسليكا والمغنيسيوم. (sima)

ش

شاردة: أنظر «أيون».

شاردة سالية: أنظر «أنيون».

شاردة موجبة: أنظر «كاتيون».

شاهد صخري: أنظر «زوج».

شبكة غذائية: منظومة السلاسل الغذائية في نظام بيئي. (food web)

شبه الظل: ظليل (ظل جزئي)، بخاضة حول ظل القمر (أو الأرض) عند الكسوف (أو الخسوف). (penumbra)

شبه موصل: مادة مقاومتها وسط بين الموصل والعازل. (semiconductor)

الشبكة الهيولية الباطنة: منظومة من الأغشية في خلية نكري فوقها التفاعلات الكيميائية. (endoplasmic reticulum)

شرم: أنظر «ريا».

شريان: وعاء دموي يحمل الدم من القلب إلى أجزاء أخرى من الجسم. (artery)

شعرية، الخاصة الشعرية: حركة السائل صعوداً أو نزولاً في أنبوب بفعل التجاذب بين جزيئاته وجزيئات الأنبوب. (capillary action) أو «capillarity»

شعيري، وعاء شعري: وعاء دموي دقيق يحمل الدم من الخلايا واليه. (capillary)

شف، شفاني: شبه شفاف يسمح لبعض الضوء بالمرور، لكن لا ترى الأشياء جلية غبزه. (translucent)

شفاف: يسمح بمرور كل الضوء تقريباً بحيث ترى الأشياء غبزه بوضوح. (transparent)

شكل تاصلي أو متاصل: أشكال متباينة للعنصر نفسه - مثل الألماس والغرافيت كاشكال متصلة للكربون. (allotrope)

شهاب: أنظر «نيزك».

شواظ (شمسي): كتلة من الغاز المنوهج المنطلق من الشمس بعيداً في الفضاء. (prominence)

ص

صاعدة (كهربية): أنظر «أنيون».

صباغ: أنظر «صبغ».

صبة، قالب مضبوب: تجويف صخري تشكل حول حيوان أو نبات ثم تجتمعت فيه المعادن وتصلبت بعد تكله مكونة أحفورة. (cast)

صبغ، صباغ، صبغة: مادة تلون بها الموائ. (dye)

صبغ مرسخي: صبغ يحتاج إلى مرسخ لتثبيت. (mordant dye)

صبغة: أنظر «صبغ».

صبغي: أنظر «كروموسوم».

صخر مكافئي المقطع: طبقي تشكل بحيث يجمع الأمواج الصوتية أو الكهرومغناطيسية ويتركزها. (parabolic dish)

صخر إنديسائي: أنظر «لاكوليت».

صخر بُركاني: أنظر «صخر ناري».

صخر تحولي (أو متحول): صخر تحول في باطن الأرض بفعل الحرارة والضغط الشديدين. (metamorphic rock)

صخر ناري، صخر بُركاني: صخر تكون بمرور الشهارة وتجمدها. (igneous rock)

صخور رسوبية: صخور تتكون بترسب فتات من المادة إلى قاع البحر، أو البحيرة، مؤلفة طبقات تتجمد معاً على مدى الزمن. (sedimentary rocks)

صدى: الصوت يُسمع ثانية بانعكاس تموجاته عن جسم صلب. (echo)

صدع: تصدع أو فلق في القشرة (قشرة الأرض). (fault)

الصفر المطلق: درجة الصفر المطلق هي أدنى درجة حرارة ممكنة = صفر كلفن أو -273.15°س. (absolute zero)

صفق - يصفق: يفصل مزيجاً من جايو وسائل يترك الجامد يرسب

زاوية الانعكاس: الزاوية التي يكونها الشعاع المنعكس مع الخط العمودي على السطح العاكس. (angle of reflection)

زاوية السقوط: الزاوية التي يكونها شعاع الضوء مع الخط العمودي على السطح الساقط عليه. (angle of incidence)

زاوية الورود: أنظر «زاوية السقوط».

زخم: أنظر «كمية التحرك».

زمر: أنظر «أيسومر».

زهُو: أنظر «سطوع».

زوبعة، ريخ ذوامية: عمود هوائي مدور بسرعة يتحرك فوق اليابسة أو الماء. (whirlwind) (أنظر «إعصار»).

زوج (ج. زوجن)، شاهد صخري: كتلة صخرية مُعققة بالحث الزمحي على أسفلها الأقل صلابة. («pl. zeugen»)

زيوليت: مركب طبيعي أو صناعي من سيليكات الألومنيوم المائية والمعادن القلوية يُستخدم كمادة حفازة أو كمرشح جزيئات في عملية نيسير الماء العسر مثلاً. (zeolite)

س

سابر فضائي: مركبة فضائية غير مأهولة تُرسل من الأرض لتقصي النظام الشمسي. (space probe)

سائل، تابع، قمر: جرم يدور حول كوكب سيار. هناك توابع أو أقمار طبيعية (كالقمر مثلاً) وسوائل أو أقمار صناعية (كالمسفن الفضائية التي توضع في مدارات حول الأرض لتعكس الإشارات الراديوية). (satellite)

سائلي: أنظر «ميدروني».

سبات شتوي، كسوف شتوي: نوم عميق أو فترة توقف الأنشطة الحركية وتبطؤ الأنشطة الحيوية - تمر بها بعض الحيوانات لتجاوز فصل الشتاء. (hibernation)

سبات صيفي: نوم عميق أو توقف عن الحركة شاملاً ثماره بعض الحيوانات صيفاً - عند اشتداد الحر والجفاف. (aestivation)

سبيكة: أنظر «أشابة».

سبيكة لحام: أنظر «لحام».

ستراتوبوز، الفاصل الطبقي: الخط بين الستراتوسفير (الغلاف الطبقي) والميزوسفير (الغلاف المتوسط). (stratopause)

الستراتوسفير، الغلاف (الجوي) الطبقي: القسم من الغلاف الجوي بين التروپوسفير (الغلاف السفلي) والميزوسفير (الغلاف المتوسط). (stratosphere)

سديم، غيمة سديمية: سحابة من الغبار والغاز في الفضاء. (nebula)

سراب: خداع بصري شبيه انحناء الضوء عبر طبقات الهواء المتباينة الكثافة. (mirage)

سرعة (اتجاهية): السرعة في اتجاه مُعَيّن. (velocity)

سرعة الإفلات: السرعة الدنيا التي يجب أن يبلغها الصاروخ الفضائي ليُفلت من جاذبية الأرض (= 11.2 كيلومتر في الثانية).

(escape velocity)

سطح انسياب رافع: شكل خاص لجناح الطائرة - سطحه العلوي أكثر تقوساً من السطح السفلي، يُحدث رفعاً خلال تحركه في الهواء. (aerofoil)

سطح الشمس النّير، فوتوسفير: سطح الشمس المنظور الذي ينطلق منه كل نورها تقريباً. (photosphere)

سطح هلائي: أنظر «هلالة».

سطوع، قدرة ضيائية، زهُو: كمية الضوء المُبتعثة من جسم، كنجم مثلاً. (luminosity)

سعة، ذروة: سعة الذبذبة أو ارتفاع الموجة - كموجة صوتية مثلاً. (amplitude)

سعة المكثف: أنظر «مؤاسعة».

سعر: أنظر «كالوري».

سكن اللبن: أنظر «لكتوز».

السكّريات: مجموعة من الكربوهيدرات الذوابة الحلوة المذاق. (sugars)

سلسلة غذائية: سلسلة من المتعضيات يغذي واحد بالذي يليه. (food chain)

السليكا: ثاني أكسيد السليكون - مركب أبيض أو عديم اللون يتواجد طبيعياً. من أنواعه المرو (الكوارتز). (silica)

سيللوز، خليوز: كربوهيدرات يُكون جدران الخلايا النباتية. (cellulose)

السّمعات: انتقال الصوت داخل قاعة أو حجرة. (acoustics)

سنة ضوئية: مسافة ما يقطعه الضوء في سنة، ومقدارها 9.5 مليون مليون كيلومتر. (light year)

بالترويق ثم يُصب السائل الرائق. (decant)

صفحة، لويحة (دموية): قرصة في الدم غير منتظمة الشكل تُطلق عوائد كيميائية لتُخثر الدم. (platelet)

صمام ثنائي: أنظر «دايود».

صمام ثنائي باعث للضوء، دايود ضوء: صمام ثنائي يبتعث الضوء عند مرور تيار كهربائي فيه.

(LED «light-emitting diode»)

ضهرة: صخرٌ مضمهورٌ سائلي في دثار الأرض وقشرتها يبرد ليُكون صخرًا ناريًا. (magma)

صهيرة، مبصر: نبيطة أمان تُستخدم في الدارات الكهربائية - وهي عبارة عن سلك رفيع ينصهر (فيقطع الدارة) إذا تجاوز التيار حدًا مُعَيَّنًا. (fuse)

صوت فوق السمعي: صوت ذو تردد فوق ما تستطيع الأذن البشرية استيعابه. (ultrasound)

الصوتيات: مبحثٌ ودراسة الصوت. (acoustics)

صورة تقديرية: صورة تتكون حيث يبدو أن الأشعة الضوئية تتلاقى (في بؤرة تقديرية)، كالصورة المنعكسة في المرآة. (virtual image) (قارن «صورة حقيقية»).

صورة حقيقية: صورة تتكون في بؤرة تلاقى الأشعة الضوئية فعليًا (ولا يُمكن عرضها على شاشة). (real image) (قارن «صورة تقديرية»).

صورة صغيرة، صورة مجهرية: صورة أُخذت بالمجهر. (micrograph)

صورة بالمجهر الإلكتروني: صورة مُكبرة جدًا لجسم بالمجهر الإلكتروني. (electromicrograph)

صيغة: مجموعة رموز كيميائية تُبين تركيب المادة الكيميائية. (formula)

ض

ضار: أنظر «مفترس».

ضباب تافقي: نوعٌ من الضباب الأفقي الانتقال يتكون عند مرور جبهة من الهواء الدافئ الرطب فوق سطح أبرد. (advection fog)

ضخان: مزيج سامٌ من الدخان والضباب. (smog)

ضد: أنظر «جسم مضاد».

ضديد الإعصار: منطقة ضغط مرتفع تؤدي غالبًا إلى طقس جيد. (anticyclone)

ضغط: مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحة. (pressure)

ط

طابع الصوت: أنظر «جرس».

طاقة: القدرة على إحداث شغل.

طاقة التنشيط: الطاقة اللازمة لبدء تفاعل كيميائي؛ وهي تختلف للتفاعلات المختلفة. (activation energy)

طاقة جيوتيرمية، طاقة الحرارة الأرضية: طاقة تُستخرج لتوليد القدرة من حرارة الصخور في باطن الأرض. (geothermal energy)

طاقة الحرارة الأرضية: أنظر «طاقة جيوتيرمية».

طاقة الحركة: طاقة الجسم الناجمة عن حركته. (kinetic energy)

طاقة كامنة: طاقة مُخترنة للاستخدام في وقت لاحق. (potential energy)

طاقة الوضع: الطاقة المخترنة التي يمتلكها الجسم بفضل موضعه أو حالته. (potential energy)

طبق السواتل: هوائي طبق الشكل يتلقى الإشارات التي تبثها السواتل. (satellite dish)

طبقة الصوت: أنظر «درجة النغم».

طحالب: نباتات بسيطة لا زهرية تنمو في البرك ومناقع المياه - كلها بخصوبة لا سوى ولا جذور حقيقية لها. (algae)

طرف توصيل، مطارف: نقطة توصيل في إحدى مقومات الدارة الكهربائية. (terminal)

طفافة: أنظر «إكليل».

طفرة، تحوّل مفاجئ: تغير عشوائي (يحدث اتفاقًا) في صيغيات (كروموسومات) الخلية. (mutation)

طفيلي: مُتعض يعيش على مُتعض آخر (يُسمى العائل) يُتلفه أو يقضي عليه. (parasite)

الطلاء الكهربائي: تغطية جسم فلزي بطبقة رقيقة من فلز آخر بالكهزلة. (electroplating)

طور، وجه: أحد الأوجه أو الأشكال الظاهرية للقمر (أو الكوكب السيار) نتيجة لانعكاس نور الشمس عنها أو عن جزء منها. (phase)

طور: إحدى الحالات الثلاث التي توجد فيها المادة - الجمودية أو السبيلة أو الغازية (البخار). (phase)

طول موجي: المسافة بين ذروة موجة وذروة موجة تالية. (wavelength)

طية: ثنية في الطبقات الصخرية. (fold)

طيف (ج. أطيف): توزيع خاص متميز للأمواج والترددات، كالطيف الكهرومغناطيسي مثلاً. (spectrum)

طيف كهرومغناطيسي: المدى الكامل للإشعاع الكهرومغناطيسي - أشعة جاما وأشعة إكس (الأشعة السينية)، والإشعاع فوق البنفسجي والضوء المنظور والأشعة دون الحمراء والأمواج الضعيرة والأمواج اللاسلكية (الراديوية). (electromagnetic spectrum)

ظ

ظاهرة الدفيئات: ظاهرة احتباس الغازات في جو الأرض (بخاصة ثاني أكسيد الكربون) للحرارة كما في البيوت الزجاجية. وتراكم تأثير هذه الظاهرة يؤدي إلى التحمُّم العالمي. (greenhouse effect)

الظاهرة الطارئة: أنظر «قوة طارئة مركزية».

الظاهرة الكهروضغطية: إنتاج الكهرباء بتسليط الإجهاد على بعض أنواع البلورات (كالكوارتز أي المزو مثلاً). (piezoelectric effect)

الظاهرة الكهروضوئية: إنبعاث إلكترونات من سطح بعض الأجسام عند تسليط أو وقوع الضوء عليها. (photoelectric effect)

ظل، سويداء الظل: الجزء المركزي المُغتم من الظل الذي لا يسقط عليه ضوء. (umbra)

ع

عادل - يُعادل، يتعادل، يُخَيِّد: يجعل الحامض أو القلوي مُتعادلاً، أي يُخَيِّدُه فلا هو حمضي ولا قلوي. (neutralize)

عازل: مادة تُقلل أو تمنع سريان الحرارة أو الكهرباء أو الصوت. (insulator)

عاشب، أكل الغُشب: حيوان يُقتات بالغُشب (أو الثبَّت). (herbivore)

عاكس التيار: نبيطة تعكس اتجاه التيار الكهربائي (في الدينامو). (commutator)

عاكس الطور، مُقوِّم عكسي: نبيطة تُستخدم لتحويل التيار المُستمر إلى تيار مُتناوب. (inverter)

عاكسة الجرم: أنظر «البياض».

عامل استحلاب: أنظر «مُستحلب».

عامل مُختزل: مادة تُسبب اختزال مادة أخرى (أي تُكسبها الهيدروجين أو تُفقدُها الأكسجين). (reducing agent)

عامل مُساعد: أنظر «حفاز».

عامل مُؤكسد: مادة تُسبب أكسدة مادة أخرى. (oxidizing agent)

عتاد (الحاسوب): الأجزاء الميكانيكية والإلكترونية من الحاسوب (الكمبيوتر). (hardware)

عجلة: أنظر «ساعة».

عداد جيجر: جهاز يُستخدم للكشف عن أنواع مُعَيَّنة من الإشعاع وقياسها. (Geiger counter)

عدانة، علم المعادن: دراسة المعادن. (mineralogy)

العدد الذري: عدد البروتونات في نواة الذرة المُعَيَّنة. (atomic number)

عدسة مُحدبة: عدسة مُقوِّسة إلى الخارج (اتخذ في المركز منها في الأطراف). (convex lens; converging lens)

عدسة مُقعرة: عدسة مُقوِّسة إلى الداخل (في المركز أرق منها في الجوانب). (concave lens)

عزس: أنظر «شبيج».

عُرض (جغرافي): أنظر «خط العرض».

عُشَّة: موقع يشغله الكائن الحي في نظام بيئي. (niche)

عُصارَة: أنظر «سُغ».

عُصب: جزء من شبكة «الكُيول» الدقيقة التي تحمل الرسائل من الجسم إلى الدماغ ومن الدماغ إلى العضلات. (nerve)

عُصبون: خلية عصبية. (neurone)

عُصر بَن جليدي: أنظر «بَن جليدي».

عُصر الفضاء: عصر ريادة الفضاء والسفر في أجوائه. (space age)

عضو: جزء مُتكامل ذاتيًا من مُتعض ذو وظيفة مُحددة، كالدماع أو القلب مثلاً. (organ)

عضوي: صفة لـ (١) مُركَّب يحوي الكربون. (organic)

(٢) إنتاج الغذاء دون استخدام المُخصبات الكيميائية. (organic)

عضي: جُزئية عضوية مُتخصصة تؤلف قسماً من الخلية النباتية أو الحيوانية. (organelle)

الغطالة، القصور الذاتي، قوَّة الاستمرار: نزوع الجسم إلى البقاء في حالة السكون أو استمرار الحركة في خط مُستقيم ما لم تؤثر فيه قوَّة. (inertia)

عظم: نسيج صلب كجزء من الهيكل العظمي للحيوان. (bone)

عُقدة عصبية: مجموعة من الخلايا العصبية ضُمن غلاف من النسيج

الضام. (ganglion)

علم الأرصاد الجوية: دراسة الطقس. (meteorology)

علم البيئة: أنظر «البيئات».

علم الحياة، البيولوجية: علم ودراسة الكائنات الحية. (biology)

علم شكل الأرض: أنظر «الجيومورفولوجية».

علم الصخور: مبحث ودراسة الصخور. (petrology)

علم طبقات الأرض: أنظر «استراتيجية».

علم الطبيعة: أنظر «الفيزياء».

علم الفلك: علم يدرس النجوم والكواكب والأجرام الأخرى في الفضاء. (astronomy)

علم الكون، علم الكونيات: دراسة تركيب الكون ونشأته وأصله. (cosmology)

علم الكيمياء: أنظر «كيمياء».

علم المعادن: أنظر «عدانة».

علم الوظائف: أنظر «الفسيولوجية».

عملاق أحمر: نجم في نهاية العمر تضخم ويزد. (red giant)

عميرة: أنظر «مُستعمرة».

عناصر نذرة: عوائد كايونات النحاس والرُتلك والمُغنيز تحتاجها الكائنات الحية بكميات ضئيلة. (trace elements)

عنصر: مادة لا يُمكن تفكيكها إلى عوائد أبسط بالتفاعلات الكيميائية. (element)

عنفة: أنظر «شُرْبين».

عوالق: نباتات وحيوانات دقيقة تعيش مُعلَّقة على مقربة من السطح في المياه البحرية والداخلية. (plankton)

عوالق حيوانية: الحيوانات الدقيقة (المجهرية غالبًا) التي تؤلف جزءًا من العوالق البحرية. (zooplankton)

عوالق نباتية: نباتات دقيقة تؤلف جزءًا من الكائنات الحية المُعلَّقة في الماء. (phytoplankton)

غ

غاز حيوي: غاز ينتج من انحلال فضلات النبات أو الحيوان بمعزل عن الهواء. (biogas)

غُدَّة: عضو أو مجموعة خلايا تُنتج مواد يستخدمها الجسم. (gland)

غرواني: مزيج من جسيمات دقيقة لمادة مُشتتة في مادة أخرى لا تذوب فيها. (colloid)

غشاء: جلد رقيق جدًا. (membrane)

غشاء نصف مُنفذ: غشاء يسمح بعبور الجزيئات الدقيقة (كجزيئات المذيب) ويمنع عبور الجزيئات الكبيرة (كجزيئات المذاب). (semipermeable membrane)

غُضروف: نسيج ضام عُضروفي يُؤلف الأجزاء الطرفية من الهيكل العظمي وبعض المفاصل. الهياكل العظمية لبعض الأسماك كالقرش والشفنين عُضروفية بكاملها. (cartilage)

غفل، ذواء تَوهيبي: مادة غير فعالة تُعطى للمريض لمقارنة آثارها بآثار المادة العلاجية. (placebo)

الغلاف (الجوي) الخارجي: أنظر «إكسوسفير».

الغلاف الجوي السفلي: أنظر «التروپوسفير».

الغلاف الجوي المتأين: أنظر «الايونوسفير».

الغلاف الحراري: أنظر «ثيرموسفير».

الغلاف الحيوي: النطاق الأرضي والجو حيث تتواجد الكائنات الحية. (biosphere)

الغلاف الصخري: الطبقة الأرضية التي تشمل القشرة والذئار العلوي. (lithosphere)

الغلاف الطبقي: أنظر «ستراتوسفير».

الغلاف اللوني: طبقة الغازات في جو الشمس التي تسطع بأحمرار. (chromosphere)

الغلاف المانع: النطاق اللين من الذئار. (asthenosphere)

الغلاف المُتوسط: أنظر «ميزوسفير».

الغلاف المغناطيسي: المجال المغناطيسي حول نجم أو كوكب. (magnetosphere)

غُلفَن: طلي (الحديد) بالزئك لوقائته من الصدأ. (galvanize)

غلوون: جسيم داخل البروتونات والنيوترونات. الغلوونات تجعل الكواركات تماسك معًا. (gluon)

غَيمة سديمية: أنظر «سديم».

ف

فارة الحاسوب: نبيطة تُمسك باليد تُستخدم للتحكم في مؤشر موزقية الحاسوب. (mouse)

الفاصل الطبقي: أنظر «ستراتوبوز».

فاعلية إشعاعية: أنظر «إشعاعية».

فاعلية (كيميائية): أنظر «تفاعلية».

فَج: شق أو فلق في الحجر الجيري توسع بذوبان الصخر تدريجيًا في ماء المطر. (grike)

الكهرمائية: توليد الكهرباء بتسخير القدرة المائية (طاقة المياه الجارية أو الساقطة) (hydroelectricity)
كهتر: أنظر «الكثرون»
كوارك: أحد فئة من الجسيمات الدقيقة التي تؤلف البروتونات والنيوترونات. (quark)
كوزر: أنظر «كويزار»
كوك: وقود يُحضّر بإحماة الفحم في عزول عن الهواء، ويتألف في غالبية من الكربون، لذا فهو يعطي طاقة أكثر بكثير من الفحم. (coke)
كوكب سيار: جرم كبير يدور حول نجم. (planet)
كوكب صغير: أنظر «كويكب»
كوكبة، برج: نمط يتألف من مجموعة نجوم ثابتة الشكل والموقع بالنسبة إلى الأرض. (constellation)
الكون: الفضاء الشامل وكل شيء فيه. (Universe)
كويزار، كوزر: اللب الساطع لجزء قتيبة - لعله قرص من الغاز الحار حول ثقب أسود ضخم. (quasar)
كويكب: جرم صخري يدور حول الشمس. تقع معظم الكويكبات في الجرام الكويكبي بين المريخ والمشتري. (asteroid)
كيسة أريمية: كرة مملوءة من الخلايا. (blastocyst)
كيسة خيطية: أنظر «خويصلة خيطية»
كيماوي (ج. كيماويات): أنظر «مادة كيماوية»
كيمياء، علم الكيمياء: مبحث المادة وطبيعتها وتركيبها وما يتنازلها من تغيرات. (chemistry)
كيمياء الأرض، الكيمياء الجيولوجية: دراسة كيمياء الأرض وتركيبها. (geochemistry)
الكيمياء العضوية: فرع الكيمياء المختص بدراسة مركبات الكربون وتفاعلاتها وخصائصها. (organic chemistry)
الكيمياء اللاعضوية: فرع الكيمياء المختص بدراسة الكيمياء الخالية من الكربون - باستثناء الكربونات وثاني أكسيد الكربون. (inorganic chemistry) (قارن «الكيمياء العضوية»)

ل

لاية كُتلية: أنظر «أ. أ.»
لاجم: أكل اللحم. (carnivore)
لاطي (١): وصف للحيوان اللصيق بموقعه فلا يمكنه التجول (كشعار البحر). (sessile)
(٢): وصف للنباتات عديمة السوق كالمحالب، أو للإزهار أو الأوراق العديمة الغنق. (sessile)
لاعضوي: غير عضوي أي لم يتخلق بالتمو الطبيعي. (inorganic) (قارن «عضوي»)
لافقاري: حيوان عديم الصلب (أي عديم العمود الفقري). (invertebrate)
لاقم البكتريا: فيروس طفيلي يلتهم الجراثيم. (bacteriophage)
لاكوليت، صخر إنديسائي: كتلة من الصخر الناري تدفع الصخر فوقها على شكل قبة. (laccolith)
لامزوج: لا يمتزج - كالزيت والماء لا يمتزجان. (immiscible)
لجنين، خشبين: مكنور (بوليمر) في جذران خلايا الأشجار والجنيات (والشجيرات) يكسبها خشبيتها. (lignin)
لحاء (داخلي): السبيغ الذي يحمل الغذاء إلى النبات. (phloem)
لحام، سبيكة لحام: أشابة أو سبيكة (من القصدير والرصاص غالباً) تستخدم لوصل الشقوق المعدنية معاً. (solder)
لزوجة: مقياس لسيولة (سهولة انسياب) الموائع. (viscosity)
لصاق، لصوق: مادة لزقة، كالغراء أو معجون لاصق، تستخدم لإضم سطحين معاً. (adhesive)
لصف: أنظر «فلورية»
لصوق: أنظر «لصاق»
لكتوز، سكر اللبن: سكر يوجد في الحليب (اللبن). (lactose)
لغاوية، خلية لغوية: كرية دم بيضاء تقاوم جراثيم المرض. (lymphocyte)
لويحة: أنظر «صفحة»
ليزر: تبيطة تبعث حزمة أشعة ضوئية ساطعة (ليزر = تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المنشط). (laser)
ليف ضوئي: ليف رجاوي رقيق ينقل الضوء. تستخدم الألياف الضوئية في الاتصالات (بدل الأسلاك). (optical fibre)
ليفة: خلية نباتية متطاوله تحيط الجدار. (fibre)
ليفة عضلية: خيوط مائلة توجد في الخلايا العضلية. (myofibril)
ليلي، حيوان ليلي النشاط: حيوان ينشط ليلاً وينام خلال النهار. (nocturnal)

م

ماء عسر: ماء لا يرغو فيه الصابون بسهولة لاحتوائه املاح الكالسيوم والمغنسيوم. (hard water)

قلاح: ترسبات على الأسنان تسبب الجبال لثمو البكتريا. (plaque)
قلو، قلوي: قاعدة ذواتية في الماء. (alkali)
قلوي: صفة لحوال أشه الهيدروجيني أكثر من ٧. (alkaline)
قلي: أنظر «قلو»
قمر: جرم صغير نسبياً يدور حول كوكب. (moon)
قمر (صنعي): أنظر «ساتل»
قوة: جهد يحاول تغيير حركة الجسم أو شكله أو شكله. (force)
قوة الاستمرار: أنظر «الغطالة»
قوة جاذبة: أنظر «قوة جاذبة مركزية»
قوة جاذبة مركزية: القوة التي تشد الجسم المدور في دائرة نحو مركز الدائرة. (centripetal force)
قوة دافعة كهربائية: فرق الجهد في بطارية أو خلية الذي يدفع تياراً كهربائياً حول الدارة. (electromotive force)
قوة طاردة مركزية: القوة التي يظهر أنها تشد الجسم المدور في دائرة بعيداً عن مركز الدارة. (centrifugal force)
قوة نابذة: أنظر «قوة طاردة مركزية»
قوس الطول: أنظر «خط الطول»
قيري، بتيوميني: حاو القار أو الخمر - من المنتجات النفطية. (bituminous)

ك

كابيت: أنظر «مئيط»
كاتيون، شاردة موجبة: أيون موجب الشحنة الكهربائية. (cation)
كانود، مهيبط: إلكترون سالب الشحنة. (cathode)
كاشف، مؤشر، دليل: مادة تثير الأش الهيدروجيني لحوال بلونها المميز في الحوض والفلوات. (indicator)
كاشف الذبذبة: جهاز يبين الإشارات الكهربائية على سيطرة عرض. (oscilloscope)
كالوري، سعر: وحدة طاقة، والكالوري المستخدم في علم التغذية هو الكالوري الكبير أو الكيلوكالوري = ١٠٠٠ سعر. (calorie)
كامد: غير شفاف للضوء. (opaque)
كائن زمام: أنظر «زمام»
كتفرة: أنظر «إشراق كهربائي»
كتلة: كمية المادة في جسم ما. (mass)
الكتلة الحيوية (١): العدد الكلي للكتل العضوية الحية في مساحة معينة. (biomass)
(٢): مادة نباتية تستخدم كمصدر للطاقة - مثلاً الخشب المستخدم لتوليد الحرارة. (biomass)
كثافة: كتلة وحدة الحجم من المادة. (density)
كثيف: عالي الكثافة. (dense)
كربون الفلور والكلور: غازات إذا انطلقت في الجو (من البرادات والمزادات مثلاً) تسبب ثقباً في طبقة الأوزون. (CFC)
كربوهيدرات: مركب يزود بالطاقة يتألف من الكربون والهيدروجين والأكسجين، ويوجد في الأطعمة السكرية والنشوية كالبطاطا. (carbohydrate)
الكرة السماوية: الكرة التخيلية التي يبدو من الأرض أن النجوم تتواجد فيها. (celestial sphere)
كروموسوم، صبغي: بنية تحوي الجينات (المورثات) التي تحدد الصفات الوراثية الممتزة للكائن الحي، وتوجد في منظومات زوجية في نواة الخلية. (chromosome)

كريمة، كرية دم حمراء. (erythrocyte)
كريمة، كرية دم بيضاء. (leucocyte)
كسوف: كسوف الشمس الكلي أو الجزئي عند مرور القمر بينها وبين الأرض. (solar eclipse)
كلف الشمس: أنظر «البقع الشمسية»
كلوروفيل: أنظر «يخضور»
كم ضوئي: أنظر «فوتون»
كمون شتوي: أنظر «سبات شتوي»
كمون صيفي: أنظر «سبات صيفي»
كمية التحرك، زخم: خاصية الجسم المتحرك وتقاس بالزمن اللازم لقوة معينة لإيقافه (= حاصل ضرب الكتلة في السرعة). (momentum) (قارن «عطالة»)
كمية لامتجة: كمية مقيسة لاتجاهية، أي ذات مقدار فقط (كالكتلة والزمن). (scalar quantity) (قارن «كمية متجهة»)
كمية متجهة: كمية ذات مقدار واتجاه كالقوة مثلاً. (vector quantity) (قارن «كمية لامتجة»)
الكهربائية الساكنة: شحنة كهربائية يحتويها الجسم، تنتج باكتسابه الإلكترونات أو فقدها. (static electricity)
كهول، إلكتروليت: مادة توصل الكهرباء في حال الانصهار أو المحلول. (electrolyte)
كهولة، التحليل أو التحلل الكهربائي: تغير كيماوي في كهول (إلكتروليت) يحلله التيار الكهربائي الساري فيه. (electrolysis)

فجوة: أنظر «فريفة»
فحم الكوك: أنظر «كوك»
فرازة طارديّة، نابذة: تبيطة تستخدم لفصل المواد المتباينة الكثافة بتدويرها بسرعة فائقة. (centrifuge)
فراغ، خواء: خيز أو فضاء خال من المادة. (vacuum)
فرضية جايا: نظرية مفادها أن الكائنات الحية على الأرض تؤلف متعضية ضخمًا يتحكم في الغلاف الحيوي. (Gaia hypothesis)
فرط المغذيات الأجنبي: فرط المغذيات في الماء، من المخصبات مثلاً، مما يؤدي إلى فرط نماء النباتات المائية ونقص الأكسجين، وبالتالي موت الحيوانات المائية. (eutrophication)
فرق الجهد (الكهربائي): الفرق الطاقوي بين موقعين في دائرة أو مجال كهربائي. (potential difference)
فرقة صوتية: أنظر «دوي جدار الصوت»
فريسة: الحيوان المصيد أو المفترس من قبل حيوان آخر. (prey)
فريفة، فجوة: جيوب كيسي مليء بمائع في هيولى (سيتوبلازم) الخلية. (vacuole)
الفسيولوجية، علم الوظائف: مبحث ودراسة الوظائف التي تتميز المتعضيات (الكائنات الحية من نبات وحيوان). (physiology)
فقاري، حيوان فقاري: حيوان ذو عمود فقري (أو فقاري). (vertebrate)
فكك - يفتك: يحلل المادة العضوية الميتة. (decompose)
فلز: واحد من مجموعة العناصر الجيدة التوصيل للحرارة والكهرباء واللّاعة عادة. (metal)
فلز حرق: مادة فلزية خرفية صامدة لذرات الحرارة العالية جداً. (cermet)
فقط: وحدة فرق الجهد أو وحدة القوة الدافعة الكهربائية. (volt)
فقط أثير: مقياس القاطية والتيار. (voltammeter)
فقطمتر: تبيطة لقياس القاطية (أي فرق الجهد بالفولط). (voltmeter)
فلقة: ورقة بسيطة تؤلف جزءاً من الثبت الناشئ (يمكن شمسيتها ورقة البذرة). (cotyledon)
فلكتة: معالجة المطاط للتصليد بإحماته مع الكبريت. (vulcanization)
فلورية، تفلور، تالف: نور تصيره ذرات شحنة عندما يصدها الإشعاع فوق البنفسجي. (fluorescence)
فوتوسفير: أنظر «سطح الشمس النير»
فوتون، كم ضوئي: جسيم يتألف منه الضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. (photon)
فوق البنفسجي: ضرب من الإشعاع الكهرومغناطيسي أمواجه أقصر من أمواج الضوء المرئي. (ultraviolet)
فوق الصوتي: سرعته تفوق سرعة الصوت. (supersonic)
فوية: أنظر «ثغرة»
فيتامين، خيمين: مركب عضوي، يتواجد في الأطعمة، ضروري لسلامة صحة الجسم. (vitamin)
فيروس، حمة: جسيمة مجهرية تغزو الخلايا وتكاثر فيها، مسببة المرض غالباً. (virus)
فيرومون: مادة كيماوية يطلقها الحيوان للتواصل مع آخر بالشم. (pheromone)
الفيزياء، علم الطبيعة: دراسة خصائص المادة وطبيعتها وتفاعلات المادة والطاقة. (physics)

ق

قارت: حيوان يقتات بالنبات والحيوان. (omnivore)
قاعدة: مركب يتفاعل مع حامض يُعطي ملحاً وماء. (base)
قالب مضبوب: أنظر «صبغة»
قنامين: أنظر «جلائين»
قحط: أنظر «جفاف»
قدرة: معدل تغير الطاقة (أو كمية الشغل المبذول في وحدة الزمن). (power)
قدرة ضيائية: أنظر «سطوع»
قزوين: بروتين يؤلف القرون والأظافر والخوافر والشعر والريش. (keratin)
قرم أبيض: بقايا صغيرة كثيفة لنجم مذبذب. (white dwarf)
قرم أسود: بقايا ذابية من نجم ميت. (black dwarf) (أنظر «قرم أبيض»)
قشرة: أنظر «فيكل خارجي»
القشرة (الأرضية): السطح الصخري الخارجي للأرض. (crust)
القضبة الهوائية: أنظر «الرغامى»
القصور الذاتي: أنظر «الغطالة»
قطب: أنظر «الكثرون»
قطب سماوي: أحد النقطتين في الكرة السماوية اللتين يظهر من الأرض أن النجوم تدور حوليهما. (celestial pole)
قطبا المغنطيس: نقطتان في المغنطيس حيث التأثير المغنطيسي هو الأقوى. (magnetic poles)

ماء نيسر: ماء خالٍ من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الذائبة. (soft water)

مادة: كل ما هو ذو كتلة ويشغل حيزًا. وتطلق أيضًا على أي تجمع من جسيمات مادية. (matter)

مادة تنظيف: أنظر «مُنظف».

مادة غروانية: أنظر «غرواني».

مادة كيميائية، كيمائي: مادة يمكنها التغير عند اتحادها أو مزجها مع مادة أخرى. (chemical)

مادة مغذية: أنظر «مغذ».

ماتورة شمسية: منظومة خلايا شمسية تجمع الطاقة من الشمس لاستخدامها في تسخين الماء أو توليد الكهرباء. (solar panel)

مانع التأكسد: أنظر «مضاد التأكسد».

مانع التعفن: أنظر «مطهر».

مائع: مادة سائلة - أي هي سائل أو بخار أو غاز. (fluid)

مبدأ نزيه الطاقة: أنظر «نظرية الكم».

مبدل التيار: أنظر «عاكس التيار».

مبيد الآفات: مادة تُستخدم لقتل الآفات كالحشرات والطحالب الضرة. (pesticide)

مُتأصل: أنظر «شكل تأصلي».

مُتجدد أعظم: نجم كبير مُتفجّر في نهاية عمره. (supernova)

مُتجه: أنظر «كمية مُتجهة».

مُتعض: كائن حي يتألف من خلية واحدة أو أكثر. (organism)

مُتعض ضغري، خبيّ مجهري: مُتعض دقيق لا يرى إلا بالمجهر. (microorganism)

مُتغير اللون بالضوء: صفة للجسم (كعدسة النظارة مثلاً) الذي يَقلّم لونه أو يتغير عند تعرّضه للضوء ثمّ يستعيد لونه بزواله. (photochromic)

مُتفاعلات: المواد المشاركة في تفاعل كيمائي. (reactants)

مُتقدرة: غُضِيّ يُؤنّد الطاقة للخلية. (mitochondrion)

مُتماكن: أنظر «مُظير».

مُثبط، كابت: مادة مُثبطة لتفاعل كيمائي. (inhibitor)

مُتوى: أنظر «مُوطن».

مجال إلكتروستاتي: أنظر «مجال كهروستاتي».

مجال القوة: المنطقة التي يظهر فيها تأثير القوة. (force field)

مجال كهروستاتي: مجال القوة المحيط بجسم مشحون كهربائياً. (electrostatic field)

مجال مغناطيسي: منطقة حول المغناطيس يظهر تأثيره المغناطيسي فيها. (magnetic field)

مجرة: مجموعة كبيرة من النجوم والغبار والغاز راحية التماسك معاً بالاجاذبية. (galaxy)

(مجرة تُدعى دُرْب التبانة).

مجفاف، مُجففة: وعاء مُحكم السد يُستخدم لتجفيف المواد وجفظها جافةً. (desiccator)

مجموعة بيئية: أنظر «جماعة».

مجهر، ميكروسكوب: جهاز يُكبّر صور الأجسام بواسطة منظومة من العدسات. (microscope)

مجهر إلكتروني: مجهر يستخدم حزمة أشعة إلكترونية لإنكوب صورة مكبرة جداً للجسم. (electron microscope)

مجهود: أنظر «مُجهد».

مُحصلة: خصيلة القوة الإجمالية الناتجة من تأثير قوتين أو أكثر في الجسم. (resultant)

محطة فضائية: مركبة فضائية فسيحة ماهرة تدور حول الأرض مُجهزة لعيش الرُواد وأعمالهم الاستقصائية. (space station)

محلول: مزيج تختلط فيه جزيئات المذاب بجزيئات المذيب. (solution)

محلول مُعلّق: أنظر «مُستعلق».

مُحَمّ مُوصد: وعاء قوي صامد يُستخدم لإجراء تفاعلات كيمائية وتعقيم تطهيري على درجة حرارة وضغط عاليتين. (autoclave)

محور: خط وهمي يدور الجسم حوله. (axis)

محور الطي: الخط الذي يحصل الطي الصخري على طولهِ. (axis)

مُحول (كهربائي): نبيطة تزيد الفلظية أو تُخفّضها. (transformer)

مُحول مُحفّر: نبيطة في السيارة تستخدم حفراً لتحويل غازات العادم السامة إلى غازات أقل ضرراً. (catalytic converter)

المحيط الحيوي: أنظر «الغلاف الحيوي».

المخ: الجزء الرئيسي من الدماغ في قِمة الجمجمة يقوم بمعالجة المعلومات والتحكم في نشاط الأعضاء الحيوية. (cerebrum)

مخاريط: خلايا مخروطية الشكل في شبكية العين، حساسة للضوء، تمكّننا من مشاهدة الألوان. (cones)

مُخرّج: أنظر «خُرْج».

مُخطط بلوري: نمط يتكوّن على لوحة فوتوغرافية عند إمرار حزمة من الأشعة السينية عبر البلورة. (crystallogram)

مخلوط: أنظر «مزيج».

المُخَيخ: جزء الدماغ في مؤخر الجمجمة يتحكم في حركة العضلات

والتوازن. (cerebellum)

مدار: مسار جسم ككوكب أو سائِل (قمر صناعي) مثلاً حول جسم آخر كنجَم أو كوكب. (orbit)

مداري: ذو مناخ حارّ تتخلّله فترات مطر غزير. (tropical)

مدخل: أنظر «دخّل».

مدفّعة إلكترونيات: نبيطة تُنتج تياراً من الإلكترونات (يسمى شعاعاً كاثودياً) تستخدم في الأجهزة الإلكترونية كالتلفزيون مثلاً. (electron gun)

المذاب، الذائب: المادة التي تذوب في المذيب لتكوّن المحلول. (solute)

مُذبذب، هزاز: جهاز يؤنّد تياراً مُتناوباً مُحدّد التردد. (oscillator)

مُذبذب، نجم مُذبذب: كرة من الغاز المتجمّد والغبار تدور حول الشمس فيتساقط بعض الغبار خلفها (في الجهة المضادة للشمس) كالذئب. (comet)

المذيب: المادة (وهي غالباً سائلة) التي تذوب فيها المذاب لتكوين المحلول. (solvent)

مرجاف: أنظر «سيزمومتر».

مُرشح: جهاز يُزيل المادة الجائدة من السائل. (filter)

مُرصد: مَبْنَى يرصد منه الفلكيون الفضاء ويدرسونه. (observatory)

مرطّب أمواج: جدار أو سياج خفيض يُشاد على طول الساحل ليمنع التحات (التآكل) الشاطئي. (groyne)

مُركّب: مادة يحوي الجزيء منها ذرتين أو أكثر من عناصر مختلفة. (compound)

مُركّب اليافاتي: مُركّب عضوي يتألف من سلاسل لاخلقية من ذرات الكربون. (aliphatic compound)

مُركّب ذهني: أنظر «مُركّب اليافاتي».

مركم: أنظر «بطارية».

مرونة: قدرة المادة على المط أو (الامتطاط) والعودة ثانية إلى حالتها الطبيعية بعد زوال المؤثر. (elasticity)

مزوج، خلوط: يمتزج - يقال في سائلين أو أكثر يختلط واذهما بالآخر أو بالأحرى. (miscible)

مزيج، مخلوط: مادة تحوي اثنين أو أكثر من العناصر أو المُركّبات غير المُتحدة معاً كيمائياً. (mixture)

مسبار رصّد لاسلكي: ربيطة مُعدّات يحملها إلى جوّ الأرض الأعلى بالوَر رصّد لجمع المعلومات عن الطقس. (radiosonde)

مُستخرجة: أنظر «أحفورة».

مُستحضر بتروكيمائي: أنظر «بتروكيمائي».

مُستحلب، عامل استحلاب: مادة تُستخدم لجعل سائلين لامتزجين يمتزجان. (emulsifier)

مُستحلب: جسيمات دقيقة من سائل مُشتّتة في سائل آخر (لا تذوب فيه). (emulsion)

مُستغلق، محلول مُغلق: جسيمات دقيقة جداً من مادة جامدة غير ذوابة مُشتّتة بانتظام في سائل (أو غاز)، كالمحاليل الغروانية (أو الدخان). (suspension)

مُستعمرة، عميرة: مجموعة كبيرة من المتعضيات من نوع واحد تعيش معاً. (colony)

المُستوى الغذائي: وضع (أو مُستوى) الحيوان في سلسلة (أو شبكة) غذائية. (trophic level)

مُسرّي: أنظر «إلكترود».

مُسيل: أنظر «هيدرومتر».

مُشاكهة، مُشابهة شكلية: تطوّر النوع النباتي أو الحيواني بحيث يشابه شكل نوع آخر. (mimicry)

مُشبك، مُشاكَب عَصبي: مُوصِل بين خليّتين عصبيتين. (synapse)

مُشعر: أنظر «كاشف».

مُشيج، عرس: خلية تناسلية (جنسية) كالنطفة (المُنّي) أو البويضة. (gamete)

مُضغّد: أنظر «أنود».

مُضَلّ الدم: أنظر «بلازما (١)».

مُصنّع: أنظر «وحدة صناعية».

مُضهر: أنظر «صهيرة».

مُضاد التأكسد: مُركّب يُضاف إلى الأطعمة والدائن لينعها من التأكسد أو التلف أو الانحلال. (antioxidant)

مُضافة: مادة تُضاف بكميات قليلة، بخاصة إلى طعام أو شراب، للتحسين - مثلاً لتغيير اللون أو الطعم. (additive)

مطر خفّضي: مطر أحمض يتفاعل ماء الجو مع الكوامض المبتغثة من محطات توليد القدرة وغوايم السيارات. (acid rain)

مطراف: أنظر «مُزف توصيل».

مُطلق للحرارة: تفاعل كيمائي يُنتج حرارة. (exothermic)

مُطهر، مانع التعفن: يقتل البكتيريا. (antiseptic)

مطياف، مكشاف الطيف: جهاز بصري يُخلّل الضوء المُبتعث من جسم إلى طيف. (spectroscope)

المعوى الأعور، المفزعة: جيّب جراحي في معوى الحيوان تُهضم فيه الأغذية النباتية. (caecum)

مُعامل الإنكسار، دليل الإنكسار: نسبة سرعة الضوء في وسط ما إلى

سرعته في الوسط الآخر عند انكسار شعاع ضوئي. (refractive index)

مُعائرة بالتحليل الحجمي: طريقة لإيجاد تركيز المحلول بالتحليل الحجمي. (titration)

مُعائرة التركيز: أنظر «مُعائرة بالتحليل الحجمي».

مُعائشة: مُتعضيان أو أكثر تعيش معاً دون أن يلحق أحدهما ضرراً بالآخر أو الآخرين. (commensalism)

مُعَدِّل (مُناخيا): لطيف الطقس صيفاً ومُعَدِّل البرودة شتاءً. (temperate)

مُعدين: مادة تتواجد طبيعياً وليست نباتية أو حيوانية - مثل الصخر والخامات الفلزية والفحم والنفط والغاز الطبيعي. (mineral)

مُعْثَر: أنظر «حقيق».

مُغذ، مادة مغذية: مادة في الطعام تستخدمها النبات أو الحيوان للنمو. (nutrient)

المغناطيسية: قوة الجذب أو التنافر اللامنظورة بين بعض المواد - وبخاصة الحديد. (magnetism)

مُعْياَم ثماني: مقياس لتقدير الغطاء الغيمي. الغطاء الغيمي أوكتا واجد حين تُش السّماء مُغطى بالغيوم. (okta scale)

مُفاعلية: أنظر «تفاعلية».

مُفترس، ضار: حيوان من الضواري يعيش على صيد الحيوانات الأخرى وافتراسها. (predator)

مُفكك عضوي: أنظر «حال عضوي».

مُقاوم، مُقاوم كهربائي: مُركبة أو عُضُر في دائرة كهربائية يُقاوم سريان التيار فيها. (resistor)

مُقاوم حراري: أنظر «تريسثور».

مُقاوم ضوئي الاعتماد: مُقاوم تزداد مُقاومته بازدياد شدة الضوء الواقع عليه. (LDR «light-dependent resistor»)

مُقاوم كهربائي: أنظر «مُقاوم».

مُقاومة: مقياس مُضادة المُركبة أو العنصر الكهربائي في الدارة لسيريان تيار كهربائي. (resistance)

مُقاومة المانع: القوة التي تُبطئ حركة الجسم السائر عبر سائل أو غاز. (drag)

مُقاومة مُتغيرة: أنظر «ريوستات».

مُقاومة الهواء: القوة التي تقاوم حركة جسم في الهواء. (air resistance)

مُقوّم عكسي: أنظر «عاكس الطور».

مقياس بوفورت: مقياس سلميّ التدرج من صفر (هايفي) إلى ١٢ (اعصار) لقياس سرعة الرّيح. (Beaufort scale)

مقياس ريختر (أو ريختر): مقياس شدة الزلازل (مداد من صفر إلى تسعة). (Richter scale)

مقياس كلفن: (Kelvin scale) (أنظر «المقياس المُطلق»).

مقياس مِركلي: مقياس يُخذذ شدة الزلزلة (من ١ إلى ١٢ درجة). (Mercalli scale)

المقياس المُطلق: المقياس المُطلق لدرجات الحرارة، ويُعرّف بمقياس كلفن. يبدأ بالصفر المُطلق، ووحدته الكلفن. (absolute scale)

مكثاف السوائل: أنظر «هيدرومتر».

مُكثّف سعوي: أنظر «مُواسع».

مُكثور، بُوليمِر: مُركّب عضوي ذو جزيئات طويلة تتألف من كثير من الموحودات (الوحدات البنائية). (polymer)

مُكشاف: دارة في مُستقبل راديويّ تستخلص الإشارات الصوتية (الذبذبة المُضغنة) من الموجة الراديوية (الحاملة). (detector)

مُكشاف الطيف: أنظر «مطياف».

مُكشاف كهربائي: أنظر «إلكتروسكوب».

مِلاحة وسرّ صوتي: أنظر «سونار».

مِلانين، قتامين: خُصب بُنيّ (اسمَر) يتواجد في الجلد والشعر والعينين. (melanin)

مِلتهِم الجراثيم: أنظر «لاقم البكتيريا».

مِلح (١) مُركّب يتكوّن من تفاعل حامض وقاعدة. (salt)

(٢) الاسم الشائع لكلوريد الصوديوم. (salt)

(٣) مِلح، مِلحي. (salty)

مِلغم: سبيكة (أشابة) من الزئبق وفلّز آخر كالفصدير. (amalgam)

مِلف لولبي، وشيعة: ملف سلكي يُنتج مجالاً مغناطيسياً عندما يسري فيه تيار كهربائي. (solenoid)

مُماكب: أنظر «أيسومر».

المُفرّغة: أنظر «المعوى الأعور».

مُناخ: ظروف الطقس المعتادة على مدى فترة زمنية طويلة في منطقة مُعينة. (climate)

مُنْبَذة: أنظر «مُزارة طارديّة».

مُنخفّض (جوي): منطقة خفيفة ضغط الهواء معاً يُنذِر بطقس سيئ غالباً. (depression)

مُنشور: أنظر «مُوشور».

منطقة البروج: أنظر «دائرة البروج».

منطقة الرُكود: أنظر «التروپوبوز».

منظار داخلي: جهاز يُستخدم لفحص باطن الجسم. (endoscope)

مُنظف، مادة تنظيف: مادة تُضاف إلى الماء مُساعدته في إزالة الشحم

هـ

هابطة (كهربية): أنظر «كاثيون».

هالة: أنظر «إكليل».

هَام الميزوسفير: جزء الجو على ارتفاع ٨٠ كيلومترًا عن سطح الأرض، وهو الحد الأعلى للميزوسفير (الغلاف المتوسط).

(mesopause)

هجرة، ارتحال: إنتقال بعض الحيوانات إلى مواقع أخرى طلبًا للغذاء أو الدفء أو الوساعة أو مكانًا ملائمًا للتوالد. (migration)

هذبة، هذب: شعيرات دقيقة تغطي سطح الكثير من المتعضيات الصغيرة. (cilium «pl. cilia»)

هيدروكربون: مركب كيميائي يتألف من الكربون والهيدروجين فقط. (hydrocarbon)

هرتز: وحدة التردد، ومقدارها دورة واحدة في الثانية. (hertz)

هرمون، هورمون، حافّة: رسول كيميائي يدور مع مجرى الدم ويتحكم في وظائف الجسم. معظم الهرمونات تفرزها غدد ضامة مباشرة في الدم. (hormone)

هرّاز: أنظر «مُذبذب».

هـ س، الأس الهيدروجيني، الرقم الهيدروجيني: قياس لحموضة المحلول أو قلويته - مداه من ١ إلى ١٤ (الرقم ٧ لمحلول محايد، ما فوقه قاعدي وما دونه حامضي). (pH)

هضم: تحليل الطعام في جهاز الهضم وتفتيت الجزيئات العضوية الكبيرة إلى جزيئات بسيطة يمكن سريانها إلى مجرى الدم. (digestion)

هلاله، سطح هلال: السطح الغلوي المقوس لسانل في أنبوب رفيع. (meniscus)

هورمون: أنظر «هورمون».

هيدرولي، سانلي: يعمل بانتقال الضغط عبر سائل. (hydraulic)

هيدرومتر، مسيل، مكناف السوائل: جهاز يقيس كثافة السوائل. (hydrometer)

هيكل خارجي، قشرة: القشرة الخارجية للكثير من اللافقاريات، كالخشرات. (exoskeleton)

هيكل داخلي: أنظر «هيكل عظمي باطني».

هيكل (عظمي): الهيكل العظمي والغضروفي، في الفقاريات، الذي يدعم الجسم ويحمي أعضائه. (skeleton)

هيكل عظمي باطني، هيكل داخلي: الهيكل العظمي الداخلي في الفقاريات. (endoskeleton)

هيموغلوبين، يخمور: مركب في كريات الدم الحمراء يحمل الأكسجين إلى مختلف أنسجة الجسم. (haemoglobin)

هَيُولَى الخلية، سيتوبلازم: محتويات الخلية باستثناء النواة. (cytoplasm)

و

واط: وحدة القدرة (= جول في الثانية). (watt)

وجه (القمر): أنظر «طور (١)».

وحدة صناعية، وحدة إنتاج صناعي، مصنع: الأرض والمباني والمكينات المستخدمة لتنفيذ عملية صناعية. (industrial plant)

وحدة المعالجة الرئيسية: «دماغ» الحاسوب حيث تتم معالجة البيانات. (CPU)

وحدة مناورة راندية: رجل كامل التجهيزات الحياتية والحركية يستخدمه الرواد للحركة في الفضاء. (manned manoeuvring unit)

ورقة البذرة: أنظر «فلقة».

وريد (ج. أوردة): عرق أو وعاء دموي يحمل الدم من بعض أجزاء الجسم عودًا إلى القلب. (vein)

وزن، ثقل: القوة التي تتجذب بها كتلة الجسم نحو مركز الأرض. (weight)

وسيط كيميائي: أنظر «حفاز».

وشيعه: أنظر «ملف أولمي».

وعاء شجري: أنظر «شعري».

وقود أحفوري: وقود تتكوّن على مدى ملايين السنين من بقايا الكائنات الحية - مثل الفحم والنفط. (fossil fuel)

ي

يخمور: أنظر «هيموغلوبين».

يخضور، كلوروفيل: خضبت أخضر في النباتات الخضراء تمتص الضوء ليوفر الطاقة لعملية التخليق الضوئي. (chlorophyll)

يرقانة، يرقة: المرحلة الثانية من حياة الحشرة بين البيضة والخابرة أو بين البيضة والحشرة البالغة (كاليرسوع مثلاً). (larva)

النُصُوع الظاهري: سطوع النجم كما يبدو من الأرض. (apparent magnitude)

(قارن «النُصُوع المطلق».)

النُصُوع المطلق: قياس السطوع (القدرة الضيائية الفعلية) للنجم. (absolute magnitude)

(قارن «النُصُوع الظاهري».)

نَض: أنظر «تضوّل».

نَضج، إدماع (نباتي): فقد الماء من سطح النبات كسائل لا كبخار. (guttation)

نطاق الرّهو الاستوائي: منطقة على طول خط الاستواء حيث تتلاقى الرياح التجارية وتشكل منطقة راكدة أو قليلة الرياح. (doldrums)

نظام بيئي: منطقة متميزة في الغلاف الحيوي تحوي كائنات حيّة - مثلاً بحيرة أو غابة. (ecosystem)

نظام التسمية الثنائية: نظام تسمية المتعضي باسمين - الأول إسم الجنس والثاني إسم النوع. (binomial system)

نظام ثنائي: نظام عددي حسابي يستخدم رقمي الصفر (٠) والواحد (١) فقط. (binary system)

النظام الشمسي: الشمس والكواكب التي تدور حولها (مع أقمارها) والأجسام الأخرى في الفضاء التي تتحكم جاذبية الشمس في حركاتها. (solar system)

نظام العد الثنائي: أنظر «نظام ثنائي».

نظريّة الكم: مفادها أنّ الضوء وغيره من الإشعاعات الكهرومغناطيسية تتألف من تيار فوتونات يحمل كل منها كمية معينة من الطاقة، (وتعرف أيضًا بمبدأ ذرية الطاقة). (Quantum theory)

نظير، مُتماكن: ذرة من العنصر نفسه تحوي العدد نفسه من البروتونات لكن عددًا مختلفًا من النيوترونات. (isotope)

(العنصر ونظائره تشغل المكان نفسه في الجدول الدوري).

نظير، مُناظر: مناهض لكمية بقطعة كهربائية متغيرة. (analogue)

(قارن «رقمي».)

نَغْشان: أنظر «الحركة البراونية».

نقطة الانصهار: درجة الحرارة التي يتحول فيها الجامد إلى سائل. (melting point)

نقطة التجمّد: درجة الحرارة التي عندها تتحول المادة (المُعينة) من سائل إلى جامد. (freezing point)

نقطة الغليان: درجة الحرارة التي يتحول فيها السائل إلى غاز. (boiling point)

نقل: أنظر «توصيل».

نواة (١) الجزء المركزي من ذرة يتألف من بروتونات ونيوترونات. (nucleus)

(٢) جسم يحوي المادة الوراثية في الخلية، يوجد داخل معظم الخلايا في النباتات والحيوانات. (nucleus)

نواة النواة: أنظر «نوية».

نوع: مجموعة متميزة الشكل من المتعضيات يمكنها التوالد فيما بينها. (species)

نوية، نواة النواة: جسم دقيق مُستدير كثيف داخل نواة الخلية. (nucleolus)

النيداريات: حيوانات لافقارية تهاجم فرائسها بخييطات لاسعة. (cnidarians)

نيزك، شهاب: عبارة من الفضاء تحترق عند دخولها جو الأرض محدثة حراً ضوئياً. (meteor)

نيوترون: جسيم في نواة الذرة لا يحمل شحنة كهربائية. (neutron)

نيوتن: وحدة قوة تُسرع كتلة الكيلوغرام مترًا في الثانية كلّ ثانية. (newton)

والزيت. (detergent)

منظمة الارصاد العالمية: وكالة تابعة لهيئة الأمم المتحدة هدفها توحيد وتنسيق الخدمات الارصادية في العالم (تأسست عام ١٩٥١). (WMO)

منعكس: رد فعل تلقائي لشيء أو لمؤثر أو لمنبه. (reflex)

منوّب، منوّبة: مولّد كهربائي للتيار المتناوب. (alternator)

منهبط: أنظر «كاثود».

مُواسِع، مُكثف سعوي: شبيطة تُستخدم لتخزين الشحنة الكهربائية مؤقتًا. (capacitor)

مُواسعة، سعة المكثف: القدرة على تخزين الشحنات الكهربائية. (capacitance)

موجة زلزلية، موجة زلزلية: موجة تنتقل عبر الأرض، مصدرها زلزال أو انفجار. (seismic wave)

موجة ضوئية: نوع من الإشعاع الكهرومغناطيسي. والأمواج الضوئية هي أمواج راديوية قصيرة جدًا. (microwave)

موجة طولية أو طولانية: موجة تهتز (تذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه مسار الموجة. (longitudinal wave)

موجة مُستعرضة: موجة تهتز (تذبذب) فيها جسيمات الوسط في اتجاه متعامد مع اتجاه مسار الموجة. (transverse wave)

مُوحود: جزيء هو الوحدة البنائية لـمُكثور (بوليمر). (monomer)

مُورثة: أنظر «جينة».

مورد: مادة يمكن استخدامها لإنتاج أو عمل شيء مفيد. الزيت والفحم من الموارد الطبيعية. (resource)

مُوشور، مُشور: كتلة شفافة بخاصة، مثلثة المقطع العرضي. (prism)

مُوضدة: أنظر «مخّم مُوضد».

مُوصل فائق: مادة عديمة المقاومة الكهربائية على درجات الحرارة المنخفضة جدًا. (superconductor)

موطن (بيئي)، مَوى: الموطن الطبيعي لحيوان أو نبات. (habitat)

مول، جزيء غرامي: كمية من المادة تحوي نفس العدد من الذرات أو الجزيئات الذي تحويه كمية ١٢ غرامًا من الكربون ١٢. (mole)

مولّد، مولّد كهربائي: شبيطة تُحوّل الطاقة الميكانيكية إلى كهرباء. (generator)

مُؤلفة: آلة تُؤلف أنغامًا موسيقية إلكترونية. (synthesizer)

ميزوسفير، الغلاف المتوسط: جزء الجو بين ٥٠ و ٨٠ كيلومترًا فوق سطح الأرض. (mesosphere)

ميكروسكوب: أنظر «مُجهر».

مِيلين، نُخاعين: مادة دهنية تتواجد حوالى الالياف العصبية. (myelin)

ن

نايذة: أنظر «فرازة طارئة».

ناظم التيار: أنظر «ريوستات».

نبات: مُتعض يحوي الكلوروفيل. (plant)

نَبَاض كوني: أنظر «نيلسار».

نَتح، ارتشاح: فقد الماء من النبات بالتبخر (بخاصة من الثغرات). (transpiration)

نَجْم: جرم سماوي يتبعث الطاقة من تفاعلات نووية في جوفه. (star)

نَجْم بدائي: سحابة أو سديم غازي على وشك التحول إلى نجم. (protostar)

نَجْم قيفاوي: نجم ذو دورة نُصوع مُتغيرة. (Cepheid star)

نَجْم مُذنب: أنظر «مُذبذب».

نَجْو مُتخجر: زوّ مُتخجر. (coprolite)

النُخاع الشوكي: حزمة أعصاب تمتد من الدماغ عبر العمود الفقري. (spinal cord)

نُخاعين: أنظر «مِيلين».

نُشع، عُصارة: السائل الذي يسري في أجزاء النبات حاملاً الماء والغذاء. (sap)

نَسَق شبكي بلوري: نسق نمطي متكرر من الذرات أو الأيونات التي تؤلف البلورة. (crystal lattice)

نسيلة: متعضيان طليقان أو أكثر تشرك في الجينات نفسها تمامًا. (clone)

نَسِيج خَشَبِي، خَشَب: نسيج وعائي يحمل الماء (والأملاح المعدنية الذائبة فيه) إلى مختلف أجزاء النبات. (xylem)

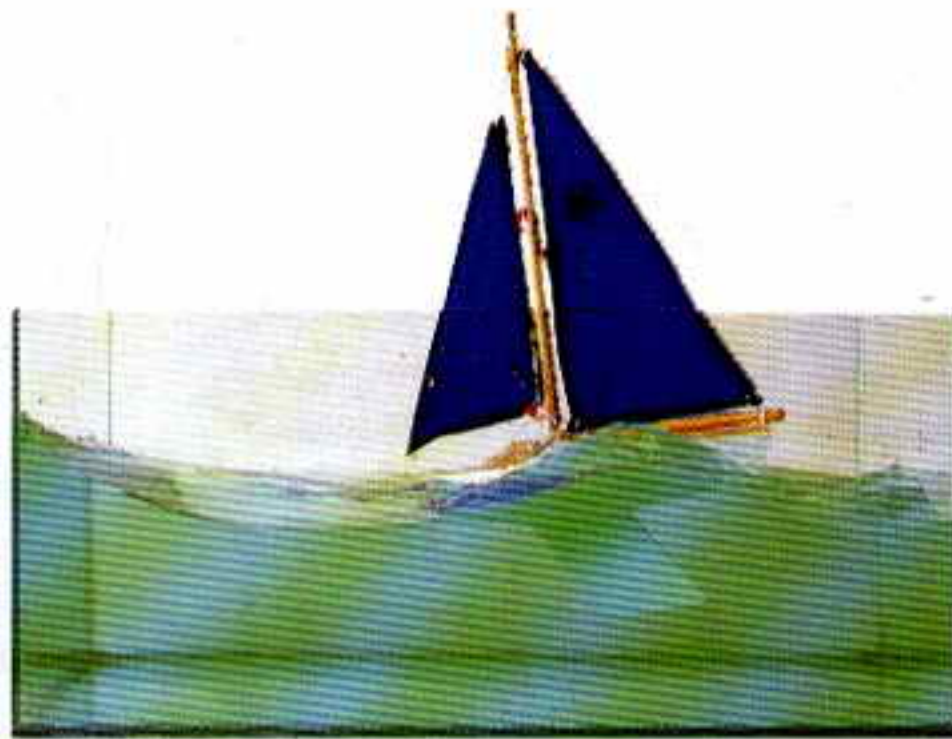
نَسِيج (عضوي): مجموعة من الخلايا المشيلة تقوم بوظيفة معينة، (مثلاً النسيج العضلي). (tissue)

النشا: مُكثور (بوليمر) كربوهيدراتي يوجد في النباتات، يُؤلف جزءًا مهمًا من غذاء الإنسان. (starch)

نشاط إشعاعي: أنظر «إشعاعية».

نَشَف - يُنَشَف: أنظر «جفف».

نُصف كُرة: حُط الاستواء يقسم الأرض إلى نُصفي الكُرة الشمالي والجنوبي. (hemisphere)



فهرس

أرقام الصفحات الغامقة تشير إلى المداخل الرئيسية.

1

- الأباتيت ٤٣، ٢٢١
الإبحار الشراعي ١١٦
الأبراج الكهربائية ١٦٠
الإبصار ٢٠٢، ٢٠٤-٥، ٣٥٨-٥٩
إبصار بالعينين ٣٥٩
الإبصار ليلاً ٢٠٥
الإبصار المُجسَّم ٢٠٤
الابصار ٢٧٢، ٢٤٥
ابقراط ١٠٤
ابن النفيس ٣٤٩
أبو شوكة ٣٦٧
أبو منقار ٣٨٩
أبواغ
~ السراخس ٣١٦
~ الطحالب ٣٦٧
~ الفطريات ٣١٥
الابواق ١٨٦
أبير - نقولا ٩٣
الإتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة والموارد الطبيعية ٤٠٠
الاتصالات
~ البُعادية ١٦٢-٦٣
~ التلفزيونية ١٦٦-٦٧
~ الراديوية ١٦٤-٦٥
~ الصوتية والضوئية ١٧٧
~ الكلامية ١٨٢
فيرمونات ~ ٣٥١
أتول ٢٣٤
الإثمد، الأنثيمون ٣٩
أجاسيز - لويس ٢٢٩
اجتماع القبة لشؤون البيئة ٤٠٠
أجراس الأبواب ١٥٦
الأجسام المضادة ٣٤٨
أجنحة
~ الخشرات ٣٥٧
~ الطائرات ١٢٨
~ الطيور ٣٣٢، ٣٥٧
أجهزة إسقاط ١٩٧، ٢٠٨
أجهزة الإنذار من الدخان ٢٧
الأجهزة التلفونية ١٤٥، ١٦٢، ١٧٧، ٦٣
الأجهزة الراديوية البلورية ١٦٤
الأجهزة المختبرية ٤٠٥
الأجوتيات ٣٩٤
أحاديث الفلقة ٣١٨، ٤٢٠
الأحافير ٢٢٥
~ والانجراف القاري ٢١٥
~ وإنسان ما قبل التاريخ ٣٣٦
~ والبرمائيات ٣٢٨
~ والتطور ٣٠٨
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦
الإحتراق ٤٤، ٦٤ - ٦٥
الإحتكاك ١٢١
- ~ والكهربائية الساكنة ١٤٦
~ ومقاومة الهواء ١١٩، ١٢١
~ والمكنات ١٣٠
أحفورة آثار أقدام ٢٢٥
إحمرار السماء ٢٧٢
الأحوال الجوية ٢٤٨-٢٧١
أخاديد المثالج ٢٢٨
الأخاديد المحيطية ٢٣٤، ٢٨٦
الاختبار الإتلافي ٦٢
اختبار لإتلافي ١٨٥
اختبارات اللهب ٦٣
الاختزال ٦٤-٦٥
اختلاف المنظر ٢٧٨
الاختمار ٨٠
~ الكحولي ٨٠، ٩٣
الأخدود العظيم (الغراند كانيون) ٢٢٦
أخدود مارياناس ٣٨٦
الإخصاب ٣١٨-١٩، ٣٦٧
الأخطبوطات ٣٢٤، ٣٥٧، ٣٦١
إخماد الضجيج ١٨١
الأذريين ١٠٤، ١٠٥
الإدماع، النضح ٣٤١
الأذمة ٣٥٤
أذمسون - جورج ٣٩٣
أذمسون - جوي ٣٩٣
إدنجتون - السير آرثر ٢٨٥
أديسون - توماس
~ وتسجيل الأصوات ١٨٨
~ والسينما ٢٠٨
~ والصمجات الكهربائية ١٩٣
~ والكهرباء ١٦٠
أذناب الخيل ٤٢٠
الأذنان
~ والسَّمع ١٨٢، ٣٥٨
~ وأقيات الأذنين ١٨١
الأرانب ٣٣٤، ٣٦٩
الأرانب البتاغونية ٣٩٣
أرائس ٢٨٣، ٢٩٢
إحصائيات عن ~ ٤١٨
السواير الفضائية إلى ~ ٢٧٣، ٣٠١، ٢٩٢
الأربطة ٣٥٣
الإزديعاش ٣٥٠
الإرتفاع ٢٥٠
الأرجل ٣٥٦
أرجوحة نيوتن ١٣٩
الأرجون
~ في الجدول الدوري ٣٣
~ في الهواء ٧٤
استعمالات ~ ٤٨
أرخميدس ١٢٩، ١٣٠
الأردواز ٢٢٤
أزديات اللاركس ٣١٧
أرسطو ٣١، ١٢٠، ١٧٧
الأرض ٣٤٥، ٣٩٣
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧
~ ويتكونيات الكتل الصفائحية ٢١٤-١٥
- ~ والخمق العالمي ٢٤٧، ٣٧٢
~ والشَّمس ٢٨٥
~ ونشوء الجبال ٢١٨-١٩
إحصائيات عن ~ ٤١٨
الأنهار على ~ ٢٣٣
بخار ومحيطات ~ ٢٣٤-٢٧
بدايات الحياة على ~ ٣٠٧
براكين ~ ٢١٦-١٧
بنية ~ ٢١٢-١٣، ٤١٤
تجوية وتحات سطح ~ ٢٣٠-٣١
الترَّب ~ ٢٣٢
التغيرات المناخية لـ ~ ٢٤٦
التلوث على ~ ٣٧٤-٧٥
جاذبية ~ ١٢٢، ١٢٥
جدول الأزمنة الجيولوجية و~ ٢٢٧، ٤١٤
الجليد والمثلج على ~ ٢٢٨-٢٩
جَو ~ ٢٤٨، ٤٩-٢٨٧
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٤-١٥
درجة حرارة ~ ٢٥١-٥٢
رسم خرائط ~ ٢٤٠
الزلازل (الهزات الأرضية) ٢٢٠
السوائل الأرضية ٣٠٠
شكل ~ ٢١١
الصخور والمعادن على ~ ٢٢١-٢٧
~ وضغط الهواء على ~ ٢٥٠
الغلاف الجوي لـ ~ ٣٧٠-٣
الفصول الأرضية ٢٤٣
كتلة ~ ١٢٣
مجال ~ المغنطيسي ١١٥، ١٤٥، ٢١٥، ٢١٣
مصادر الطاقة على ~ ١٣٤
مناخات ~ ٢٤٢، ٢٤٤-٤٥
نشأة ~ ٢١٠-١١، ٢٧٥، ٢٨٣
الأرض الجُمُودية ٢٨٣
الإرضاع ٣٦٨
إرفسون - كاري ٨٦
الأزرق ٣٤١، ٣٦٦
أركيوپتريكس ٣٠٨
إرليخ - پول ١٠٤
أرمسترونغ - نيل ٣٠٢
أريستارخوس ٢٨٧
أريثيوس - سفانت ٦٩
الأزتك ٢٤١
الأزمنة الجيولوجية ٢٢٧، ٤١٤
الأزهار ٣١٨-١٩، ٤٢٠
خُصْب ~ المرئية بالضوء فوق البنفسجي ٢٠٥
أزهار الربيع ٣٦٧
أسارير (غضون) الجلد ٣٥٤
الأساريع ٣٤٢، ٣٦٣، ٣٨٠
الاسافين ١٣١
الإشبثات ٣٨١
الإشبثات الصيفية ٣٨١
الإشبثات، النوم ٣٦١، ٣٨١
الأسبيرين ١٠٤، ١٠٥
- الإستيتاب ٣٥٠
استحلاب ١٠٣
أسترياليا
الإنجراف القاري في ~ ٢١٥
الجربائيات في ~ ٢٣٥
الرياح في ~ ٢٥٤
علاجيم القصب في ~ ٣٩٩
المناخ في ~ ٢٤٥، ٢٦٥
الإستشراب ٦٢
الإستشعاع ٢٧
إستقرار قوى التدوير ١٢٤
الإستقطاب ٢٠٠، ٢٢١
الاستقلاب، الأيض ٧٦، ٤٢٣
أستون - فرانسيس ٦٣
الاستيلين ٤٤
أسطوانات مُدْمَجَة ٣٩، ١٨٨
أسطوانات مُدْمَجَة ذات ذاكرات قرائية فقط في الحواسيب ١٧٣
الأسفلت ٩٨
الإسفنجات ٣٢٠، ٤٢١
إسقاط مركاتوري ٢٤٠
الإسقاط والخرائط ٢٤٠
اسكتلندا ٢١٨، ٢٢٩
الأسلحة النووية ١١٣، ١٣٧
أسماء
~ الكائنات الحية ٣١٠-١١
~ الكيمويات ٤٠٤
الاسماك ٣٢٦-٢٧
أسماك الأعماق ٣٨٦
أسماك القارة القطبية الجنوبية ٣٦٨
الاسماك الخفاشية ٣٢٧
~ الرنوية ٣٨١
~ الشبيهية ٣٢٧
~ الطيارة ٣٢٧
~ الغضروفية ٣٢٦، ٣٥٧، ٤٢١
~ ومقاومة التجرد ٢٦٨
أشكال ~ الانسيابية ١٢١
البيئة الباطنية في ~ وسواها من ذوات الدم البارد ٣٥٠
تصنيف ~ ٤٢١
تعاشيش ~ ٣٧٩
تناسل ~ ٣٦٧
التنفس في ~ ٣٤٧
خراشيف ~ ٣٥٤
حواس ~ ٣٥٩
الخط الجانبي في ~ ٣٥٨
الدورة الدموية في ~ ٣٤٩
سباحة ~ ٣٥٧
ضيد ~ ٣٨٧
مثنات ~ الهوائية ١٢٩
مدى أعمار ~ ٤٢٢
هجرة ~ ٣٨١
الأسمدة الكيماوية، المُخصَّبات ~ في الزراعة ٩١
~ من الامونيا ٩٠، ٩٦
~ من الفسفور ٤٣
~ من النيتروجين ٤٢
فُرط المغذيات و~ ٢٧٣
- إشمرار الفاكهة ٧٩
الإشمنت ١٠٩
الأسنان الرنوية ٣٤٧
الاسنان ٣٤٤
أسنان سمك القرش ٢٢٥، ٢٢٦
أسنان اللبونات ٣٣٤
خشو تجايف ~ ٨٨
نَحْر ~ ٣١٣
أسهم نارية ٣٥، ٦٣، ١٣٨
الأسود ٣٩٢، ٣٩٣
آسيا
جبال ~ ٢١٨
الجفاف في ~ ٢٦٥
شهب ~ المعشبة ٣٩٣
الإشارات الرقمية
~ ~ والأصوات الإلكترونية
~ ~ ١٨٩
~ ~ وتسجيل الصوت ١٨٨
~ ~ والذرات المتكاملة ١٧١
إشارات نظيرية ١٧١
الإشارة (الموجة) الخاملة ١٦٤، ١٦٥
أشباح برؤكن ٢٦٩
أشباح الإنسان ٣٣٦
أشباح الغلزات ٣٩
الأشجار
~ والأزهار ٣١٨
~ الصنوبرية ٣١٧
~ والغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥
~ وغابات المناطق المعتدلة ٣٩٦
~ في الجفاف ٢٦٥
~ في المستنقعات ٣٨٩
تكوّن الفحم من ~ ٢٢٨
خلقات النمو في الشجر ٢٤٦
خط الشجر ٣٨٤
التنح في ~ ٢٤١
نمو ~ ٣٦٢
أشجار الراتنجية (بَيَسِيَا) ٣١٧
أشجار السرو ٣٨٩
أشجار السنديان (البُلوط) ٣٩٦
أشجار السنط ٣٧٩
أشجار الصنوبر ٣١٧
أشجار الكرز ٣١٨، ٣٤٢
أشرطة الحافظات ١٥٥
الإشعاع
~ وتشعيع الأطعمة ٩٣
~ الحراري ١٤٢
~ والطاقة النووية ١٣٦
~ وعلم الفلك ٢٩٨
~ في الكون ٢٧٥
الإشعاع دون الأحمر
~ ~ ~ والأرض ٢٤٨
~ ~ ~ والشَّمس ١٤٢، ٢٨٤
~ ~ ~ والطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢
~ ~ ~ وعلم الفلك ٢٩٨
~ ~ ~ والكون ٢٧٧
الإشعاعية ٢٦ - ٢٧
أشعاع العناكب ٣٢٢

- الأنواع ٣٠٥
~ المَهْدَدَة بالانقراض ٢٩٨-٩٩،
٤٢٥
تصنيف ~ ٣١١، ٣١٠
تَطَوُّر ~ ٣٠٩
أَنُود (مَضْعَد) ١٦٨، ٦٧
أَنُودَة ٦٧
الأنياب ٣٤٤
الإهْتِزَازَات، الذبذبات ١٢٦
~ والرَّزْنِ ١٨٢
~ والزلازل الأرضية ٢١٢
~ والسَّمْع ٣٥٨
~ الصَّوتِيَّة ١٧٨
~ الموسيقِيَّة ١٨٦، ١٨٧
الأوالي الحيوانية (البروتوزوا)
٣١٤
الأوبوسومات ٣٢٥، ٣٧٩، ٣٩٧
أوبوسومات غربي أستراليا ٣١٩
الأوتار ٣٥٥
~ الصوتية ١٨٢، ٣٤٧
أوتو - نيقولاوس ١٤٤
أوج المجموعة البيئية ٣٧١
أوجه القمر ٢٨٨
الأودية
أودية الأنهار ٢٢٣
المثالج الوديانية ٢٢٨
الأودية المغلقة ٢٢٨
الأوراق
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠
~ وحركة النوم ٣٥٦
~ والنَّحْج ٣٤١
أوراق الصنوبريات ٣١٧
أوراق كاسية ٣١٨
أورانوس ٢٩٢
الأوريَّة ٣٤٩
أُورْسِيْد - هانز كريستيان ١٥٦
أوركسترا ١٨٧، ١٨٩
أوروبا
الجفاف في ~ ٢٦٥
«العصر الجليدي الصغير» في ~
٢٤٦، ٢٤٢
العصر الجليدي في ~ ٢٤٦
غابات المناطق المعتدلة في ~
٣٩٦
أوروبًا (أحد أقمار المشتري)
٢٩٠، ٣٠١
الأوزميوم ٢٢
الأوزون - طبقة ~ ٢٤٨
~ في الجَو ٤٤
أوستوولد - قلْهلم ٥٧
أول أكسيد الكربون ٢٤
الأولورو ٢٣٠
الأوليات ٣١٤
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠
تصنيف ~ ٣١١، ٤٢٠
مَدَى أعمار ~ ٤٢٢
أوم - جورج سيمون ١٥٢
الآيات ٣٣٦
إيثان ٩٧-٩٨، ٤٠٦
الإيثان الثنائي البروم ٩٩
إيثانول ٩٩، ٤٠٦
الإيثين
استعمالات ~ ٩٩، ٤٠٦
- إنتاج ~ ٩٧
تركيب ~ الجزيئي ٤١
الإيدز (مُتلازمة العوز المناعي
المكتسب) ٣١٢
ايستمان - جورج ٢٠٧
أيسوبار، حُط تساوي الضَّغْط
٢٥٠، ٢٧٠
الايسومرات، المُتماكبات ٤١
الأبيض، الإشتقَاب ٧٦، ٤٢٣
أبيض بنائي، إشتقَاب بنائي ٧٦
الإيكثيوسورس ٢٢٥
أيل الأب داوود ٤٠٠
أيل الرنة ٣٨٣
أيل المُنَاقِع (سيتانچا) ٣٨٩
أينشتين - ألبرت ١١٨
~ والوان الجَو ٢٦٩
~ والحركة البراونية ٥٠
~ والطاقة النووية ١٣٦، ١٣٧
~ ونظريات الضوء ١٩١، ١٩٩
~ والنظرية النسبية ٢٨١، ٢٨٥
أيو ٤٥، ٢٩٠
الايونات
~ في الأملاح ٧٣
~ في البلازما ١٨
~ في الكهرباء ١٤٩
~ في المحاليل ٦٠
~ في الميضية الكتلية ٦٣
أيونات الهيدروكسيد ٧٠
الايونوسفير ١٦٥
- ب
باباج - شارل ١٧٢، ١٧٤
الباثوليت ٢٢٢
البايزات ٣٦٢
الباراشوت ١١٩
بارد الدم ٣٢٦، ٣٥٠، ٤٢٣
بارسونز - تشاولز ١٤٤
باركس - الكسندر ٨١، ١٠٠
الباركسين ١٠٠
البارود ٦٥
البارومترات ١٢٧، ٢٥٠
البارومترات المعدنية ٢٥٠
الباريوم ٦٣
البارلت ٢١٧، ٢٢٢
پاستور - لويس ٩٣، ٣٠٧
پافلوف - إيفان ٣٦١
پاكلند - ليو ١٠٠
الباكلت ١٠٠
«بأكيبول» (كُرَات بَكِي) ٤٠
الپاهوهو (اللابة الحبلية) ٢١٧
پاين چاپوشكين - سيسيليا ٢٧٨
النبتغاوات ٣٣٣
الببُور، النُّمُور ٢٢٥، ٤٠٠
ببُور ستيغية الأنياب ٢٢٥
الپتروكيماويات والألياف
الاصطناعية ١٠٧
البثبلند (خام اليورانيوم) ٢٦،
٣٧
بثلات، ثويجيات ٣١٨
البجُمَاتِيَّت ٣٠
البخار ٢٣٤
الامواج والمد والتيارات البحرية
٢٣٥
- ~ والمناخ ٢٤٤
جليد ~ ٢٦٨
الضباب التافقي فوق ~ ٢٦٣
الطرنادات المائية في ~ ٢٥٩
مستوى سطح البحر ٢٤٧
ملوحة ~ ٧٣
أنظر أيضًا المحيطات
البحيرات (بيئيًا) ٣٧١، ٣٨٨
~ القوسية ٢٢٣
المطر الحامضي و ~ ٦٨، ٧١
البُخار ١٤١
بُخار الماء ٢١، ٧٥
~ والرطوبة ٢٥٢
~ والسحب ٢٤٩، ٢٦٠-٦٣
~ والضباب والسُّبُورَة
والضُخَّان ٢٦٣
~ في الهواء ٧٥
~ والندى ٢٦٨
بدائيات النوى (المونيرا) ٣١١،
٣٤٠، ٤٢٠
بدايات الحياة ٣٠٧
بِدَنُورُز - جورج ١٤٩
بُراج - وليام لورانس ٣٠
بُراج - وليام هنري ٣٠
بُرَادَات، ثَلَّاجَات ٥١، ١٥٥
البراغيث ٣٧٩
تَطَوُّر ~ ٣٠٩
الطاعون الذملي و ~ ٢١٣
قَفْز ~ ٣٥٦
براغيث الماء ٣٢٢
بِرَافِين ٩٨
البراكين ٢١٦-١٧
~ التحت مائية ٢٣٤
~ وتغير المناخ ٢٤٧
~ وتكتونيات الكتل الصفائح
٢١٤
~ والصُّخور النارية ٢٢٢
~ على آيو ٢٩٠
~ على المريخ ٢٨٩
~ والقشرة المحيطية ٢١٠
~ والكبريت ٤٥
~ ونشوء الجبال ٢١٨
~ لَابَا ~ ١٤٠
البراكين الانديزيتية ٢١٦
البراكين البارلتية ٢١٧
البرامج الحاسوبية ١٧٢، ١٧٤
برامجيات الحواسيب ١٧٤
براند - هينغ ٣١، ٤٣
براهي - تيكو ٢٩٦
براون - روبرت ٥٠
برُقَالِي المثل ٧٢
بُرْجُ الرِّيح ٢٥٥
بِرْجُشَرَنْد (مَهْوَاة أَخْدُودِيَّة
ضَخْمَة) ٢٢٨
بِرْخَان ٢٣١
البَرْد ٢٥٧، ٢٦٤، ٢٦٧
البرداء، الملاريا ٣١٤
بِرْزَخ شاطيء (تَمْبُولو) ٢٣٧
بِرْزِيلْيُوس - جونز ٤١، ٥٣، ٥٦
البَرَق ٢٥٧
~ وتحولات الطاقة ١٢٨، ١٧٧
~ والتفاعلات الكهربائية ٥٢
~ وخبثات البرد ٢٦٧
~ والكهربائية الساكنة ١٤٦،
- ٤٧، ٢٤٩
البَرَكَ الطينية ٢١٧
بَرَكَ الندى ٢٦٨
البَرْمَاتِيَّات ٣٢٨-٣٢٩
البيئة الداخلية في ~ ٣٥٠
تصنيف ~ ٤٢٢
مَدَى أعمار ~ ٤٢٢
برنارد - كلود ٣٥١
البَرْمَاتِيَّات ٣٥٧، ٣٨٥
البرويان ٩٧-٩٨
البروتينات
~ والوراثيات ٢٦٤
~ والتغذية ٧٨، ٢٤٢
كبريت ~ ٤٥
قَضَم ~ ٣٤٥
پروست - جوزيف لوي ٥٨
الپروسيميات ٢٢٦
بروكن - أشباح ~ ٢٦٩
البروم ٤٦، ٥٠
البرومليديات ٢٩٤
البرونز ٢٨، ٨٨
پريستلي - جوزيف ٤٤، ٧٤
الپريونات ٢١٢
البرزات الفضائية ٣٠٢
البراق ٣٢٤، ٣٥٦
البُرُور ٣١٧، ٣١٩
البُسْتَرَة ٩٢
بَشْكَال - بليز ١٢٨، ١٧٤
بَسِمَر - هنري ٨٤
البشَر
~ والتلوث ٢٧٤-٧٥
~ والحواسر والمدن ٢٩٧
~ والنمو السكاني ٣٧٣، ٤٢٤
بيئات ~ ٢٦٩
تَطَوُّر ~ ٣٠٨، ٣٢٦
البَصْل ٧٨، ٢٦٢
البصلات الجديدة ٢٦٦
بصمات الاصابع ٦٣، ٣٥٤
البَطْ ٢٣٢، ٢٨٢، ٨٣
البَطَارِق ٢٨٣
البطاريات ١٥٠-١
~ الجافة ١٣٩
~ القلوية ٧٠
~ والكهرباء ١٤٨
~ المِرْكَمُ الحَمْضِي الرُّصَاصِي ٦٨
خارصين (زَنْك) ~ ٣٦
بَطَّة الغَيْدَر ٢٨٢، ٢٨٣
البَطْلِيُنُوسَات ٣٢٤، ٣٥٥، ٣٨٥
بَطْنُ الفُوجَة ١٨٦
بَطْنِيَّات الأقدام ٣١٠، ٣٢٤
البَعَام (الشَيْمَاطِيَّات) ٣٢٦، ٣٧٨
البَقُوض ٣١٤
البَقْن ٣٨٥
بَقَّ الوَرَق ٢٦٣
البقاري الجُزْيرِيَّة ٣٩٤
البِكْتَرِيَا ٣٠٥، ٣١٣
الأمراض و ~ ٣٥١، ٣١٣
~ في قاع البحر ٢٣٤، ٢٨٦
~ الكِبْرِيْتِيَّة ٤٥
الخَمَات (الفَيْرُوسَات) و ~ ٣١٢
الخلايا البكتيرية ٢٢٩
دورة النتروجين و ~ ٢٧٣
العقاقير و ~ ١٠٤، ١٠٥
اللَبَن الرائب و ~ ٨٠
- مَدَى أعمار ~ ٤٢٢
مُطَهَّرَات ~ ١٠٥
البِكْتَرِيَا المُزْرَعَة ٣٠٧
البِكْتَرِيَا المُكْبَنَة ٣٢٩
البِكْرَات ١٣١
بل - الكسندر غراهام ١٦٣، ١٨١
البلاتين ٣٢، ٣٧، ٨٦
البلازما: حالة للمادة ١٨
بلازما الدم ٣٤٨
بلاك - جوزيف ٧٤
پلانك - ماكس ١٩١
بَلَج البحر ٣٢٤
الپلسارات ٢٨١، ٢٩٨
پلوتو ٢٨٣، ٢٩٣
إحصائيات عن ~ ٤١٨
إكتشاف ~ ٢٩٢
البِلُوتُونِيُوم ٣٢، ١٣٦-٣٧
البِلُورات ٣٠
الاملاح البلورية ٧٣
البُنْيَة الأيونية ل ~ ٢٨
~ السائلة ٣٠، ١٤٠
~ في الكسيف الثلجية ٢٦٦
~ وماء التبلور ٧٥
المعادن البلورية ٢٢١
بَنَات آوى ٢٤٣
البَنَج ٤٢، ١٠٥
البَنَدَا الأحمر ٣٨٤
البَنَدَات ٣٩٨
البندول، الرقاص ١٢٦
بَنَزْن - روبرت ١٩٣
بَنَزِيَّاس - آرنو ٢٧٥
البنزين ٤١، ٩٦
البنسيلين ١٠٥، ٣١٥
البنكرياس ٣٥١
البُنْيَة الذرية ٢٤-٥
~ والإشعاعية ٢٦-٧
~ والأكسدة والاختزال ٦٤
~ والترابط ٢٨-٩، ٥٢، ٥٣
~ والجذول الدوري ٣٢-٣
٤٠٢-٣
~ والطاقة النووية ١١٣،
١٣٦
~ والظاهرة الكهروضوئية
١٩١
~ في المركبات ٥٨
~ والميضية الكتلية ٦٣
البُوء ٣٣٠، ٣٩٤
بُوءَات «أو» في الدارات المنطقية
١٧١
بُوءَات «و» في الدارات المنطقية
١٧١
بُوءَات «لا» في الدارات المنطقية
١٧١
البوتاسيوم ٣٤
~ واختبار اللهب ٦٣
~ والكهولة ٦٧
تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥
بُور - نيلز ٢٥
بُورْت - جوناثن ٣٧٧
بورنل - جوسلين ٢٨١
البورون ٣٩
بوش - كارل ٩٠
البوصلات ١٤٥، ١٥٤
بُوفُورْت - الأميرال الشير
فرانسيس ٢٥٦

- بوفون - جورج لويس ٣٠٨
البوكسيت ٨٧، ٤٠٧
البؤل ٣٥٠
بولتزمان - لودفيغ ٥٠
بولشتيرين ٩٩، ١٠٠، ٤٠٦
بولنج - لينوس ٢٨
بوليثيلين ١٠٠، ٤٠٦
بوليستر، مَكْتور الإستر ١٠٧
اليوم ٣٩١
بومبي ٢١٦
البونجو ٢٨٠
بويل - روبرت ٤٩
~ واكتشاف الفسفور ٤٣
~ ونظرية الحوامض ٦٩
~ ونظرية الصوت ١٧٧
البيئة
~ الداخلية في الجسم البشري ٥١-٣٥٠
~ والأنهار والبحيرات ٢٨٨
~ والتعاشيش ٣٧٩
~ والتلوث ٣٧٤-٧٥
~ والجبال ٣٨٤
~ والخواضر والمُدن ٣٩٧
~ والسلاسل والشبكات
الغذائية ٣٧٧
~ والشهوب العشبية ٣٩٢-٩٣
~ والصحاري ٣٩٠-٩١
~ والغابات المطيرة المدارية ٣٩٤-٩٥
~ وغابات المنطقة المعتدلة ٣٩٦
~ والغلاف الحيوي ٣٧٠-٧٣
~ والفضلات وإعادة تدويرها ٣٧٦
~ واللون والتمويه ٣٨٠
~ والمحيطات ٣٨٦-٨٧
~ ومناطق القطبين والتندرا ٣٨٢-٨٣
اجتماع القمة لشؤون ~ ٤٠٠
الحفاظ على ~ الطبيعية ٤٠٠
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٢٤-٢٥
المجموعات الحيوانية و ~ ٣٧٨
البياض ٢٥١
البيانوات ١٣٠، ١٨٦
البيئات ٣٦٩، ٣٧١، ٣٨٨
بيتز - أرنوس ٢٤٠
بيتس - هنري ٣٠٥، ٣٨٠
بيرد - جون لوجي ١٦٧
بيردزاي كلارنس ٩٣
بيريكن - وليام ١٠٢
البيروميترات ١٤٠
البيزون ٣٩٣، ٤٠٠
بيض النعام ٣٢٨
بيكال - بحيرة ٢٨٨
بيكربونات الصودا ٦٩، ٧١
بيكربونات الصوديوم ٩٤
بيكريل - أنطوان ٢٦
بيكون، فرانسيس ٤٩
البيوتات
~ أحد مُنتجات النفط ٩٨
~ المسيل ٩٧
التركيب الجزيئي لـ ~ ٤١
روابط ~ الإسهامية ٢٩
بيوتر ٢٨
- بيوض (ج. بيضة وبيض)
ال ~ والتناسل البشري ٣٦٨
ال ~ والتناسل الجنسي ٣٦٧
~ الزواحف ٣٣٠، ٣٣١
~ الضفادع والعلاجيم ٣٢٨
~ الطيور ٣٣٢، ٣٣٣
~ وحيدات المسلك ٣٣٥
~ بيوضات (بويضات) ٣١٨، ٣١٩، ٣٢٨، ٣٦٥
ت
التأبير، التلقيح ٣١٨-١٩، ٣٦٧
التأبير التهجين ٣٦٧
التاريخ
~ الأحفوري ٢٢٥
~ والأزمنة الجيولوجية ٢٢٧
~ بالكربون (المشع) ٢٧
تاكسد، أكسدة ٦٤-٦٥
مضادات ال ~ ٦٥، ٩٣
التبخّر، التبخير
~ وتغيرات الحالة ٢٠، ٢١
~ وتكييف الهواء ١٤١
استعمالات ~ ٦١
التبييض، التقصير ٦٥
التجديد أو التجدد ٣٦٣
التجفيف ٦١
التجمّد
تجمّد الاطعمة ٩٢، ٩٣
~ والجليد ٧٥
تغيرات الحالة و ~ ٢٠
التجوية ٢٣٠-٣١، ٢٣٢
تجوية طبيعية ٢٣٠
التجوية الكيماوية ٢٣٠
التحات ٢٣٠-٣١
الانهار و ~ ٢٣٣، ٢٨٨
خط الساحل و ~ ٢٣٦
الصخور الرسوبية و ~ ٢٢٣
المخال و ~ ٢٢٨
تحات رؤوس البر ٢٣٦
التخثرية ٢٢٢
التحريك والانتقال ٣٥٦
التحريك بالصوت ١٨٣
تحلل، تفكك، تفكيك
ال ~ وإعادة التدوير ٣٧٢، ٣٩٣
تحلية، إزالة الملوحة ٨٣
التحليل الكمي ٦٢
التحليل الكيماوي ٦٢-٦٣
التحليل النوعي ٦٢
التحول ٢٦٣
التخلص من النفايات ١١٢، ٣٧٦
تخليق الجزيئات ٥٩
التخليق الضوئي ٤٩، ٧٤، ٣٤٠
~ ~ وتحولات الطاقة ١٢٨
~ ~ والتخضور ٣٥
الأكسدة والإختزال في ~ ~ ١٥
فضلات ~ ~ ٣٥٠
تدابير وقائية
~ ضد الحوامض ٦٩
~ ضد القلويات ٧٠
~ في صناعة الكيماويات ٨٢
التداخل الضوئي ٢٠٢، ١٩١
التدوير - قوى الدوران و ~ ١٢٤
الترايط الكيماوي ٢٨-٩، ٥٢
- الترانزستورات
~ والإلكترونيات ١٦٨-٦٩
راديو ترانزستور ١٦٤-٦٥، ١٦٨
ترايتون ويزيد ٢٩٣
الترب ٧٢، ٢٣٢، ٢٩٥
التربة الفوقية ٢٢٢
زحف التربة ٢٢٢
التربينات
~ البخارية ١٤٤
~ في مخططات القدرة ١٦٠
~ الكهرمائية ١٣٤
~ الهوائية بقدرة الرياح ٢٥٥
ترجييعات الصدى ١٨٤
التردد
~ والأمواج الصوتية ١٨٠
~ والإهتزازات ١٢٦
~ الموسيقى ١٨٧، ٤١٣
تردد فوق العالي ١٦٦
الترشيع ٦١
التركيز وسرعة التفاعل ٥٥
الترموستاتات ١٤١
التزموشفير، الغلاف الحراري ٢٤٨، ٢٩٨
الترموترات زوات البصيلات
المُحصّلة والجافة ٢٧٢
الترموترات (موازين الحرارة)
الرّصد الجوي و ~ ٢٥١، ٢٧٢
الثروس ١٣١
تريشوكفا - فالنتينا ٣٠٢
ثريثيك - ريتشارد ١٤٤
التزاوج ٣٦٧
التزليق ١٩
التسارع ١١٩
تساقط المطر ٢٦٤
التسامي، التصعّد، التصعيد ٢٠
التسجيل الصوتي ١٥٥، ١٨٨
التسجيل الصوتي النظيري ١٨٨
التسجيلات الشريطية ١٥٥، ١٨٨
تسجيلات الفيديو ١٦٦، ٢٠٦
٢٠٨
تسلا - نيكولا ١٦٠
تسونامي (الأمواج السّنامية)
٢٣٥
تسيولكوفسكي - قسطنطين ٢٩٩
التشبع اللوني (التلونية) ٢٠٣
تشجيع الطعام ٩٣
تشكيل
~ الزجاج ١١٠
~ اللدائن ١٠١
تشين - إرنست ١٠٥
التصخّر ٢٤٧، ٢٩١
التصخّر ٢٢٣
التصعّد، التسامي ٢٠
التصفيق ٦١
تصميم انسيابي، مشق ١٢١
تصميم معان حاسوبيا ١٧٥
تصنيع اللدائن بالتشكيل الخوائي ١٠١
تصنيف الكائنات الحية ٣١٠-١١، ٤٢٠-٢١
التصوير الفوتوغرافي ٢٠٦-٧
~ الجوي ٢٤٠
~ السينمائي ٢٠٨
- ~ ~ والصّور الهولوجرافية ١٩٩
~ ~ وعلم الفلك ٢٧٣، ٢٩٧
تصويل خامات النحاس ٨٦
تضمين الأمواج الراديوية ١٦٤
تضمين التردد (إف إم) ١٦٤
تضمين سغوي (إي إم) ١٦٤، ١٦٨
التطور ٣٠٨-٩
النمو و ~ ٢٦٢-٦٣
~ المتقارب ٢٩٠
~ والوراثيات ٣٦٤
تظهير الأفلام ٢٠٧
تغايير الوجه ٣٥٦
التعادل ٧١
تعاقب الأنظمة البيئية ٢٧١
التعاشيش ٣٧٩
تعددين الفحم ٢٣٨
التعرق
~ والرطوبة ٢٥٢
~ والغدد العرقية ٣٥٤
فقد الحرارة بـ ~ ١٤١، ٣٥٠
فقد الملح بـ ~ ٧٣
التعريض الفوتوغرافي ٤١٢
التعلم ٣٦١
التغذية ٣٤٢
شوء ~ ٢٤٢
تغير طبيعي ٤٩
التغير الكيماوي ٤٩
تغيرات الحالة ٢٠، ٢١
تفاعل إزاحة ٦٦
التفاعلات ٤٩
تفاعلات الأكسدة والإختزال ٦٤-٦٥
~ والكافازات ٥٦-٥٧
~ العكوسة ٥٤
~ الكيماوية ٥٢
تفاعلات ماصة للحرارة ٥٢
تفاعلات مُطلقة للحرارة ٥٢
~ والنظرية الحركية ٥٠
توصيف ~ ٥٣
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٤-٥
سرعة ~ ٥٥
تفكك، تحلل، انحلال ٢٧٢، ٢٩٣
تفكيك الجزيئات ٥٩
التفلور ٢٠٠
تفلون (رابع فلور الإيثين المُتعدّد) ٤٦
التقاويم ٢٧٣، ٢٨٢
التقصير (التبييض) ٦٥
التقطير ٦١
التقطير التجزيئي ٧٤، ٩٨، ٩
التقنية الحيوية ٩٣
تكاثر، تناسل
ال ~ وبيدات الحياة ٢٠٧
ال ~ البشري ٣٦٨
~ البكتريا ٣١٣
~ لاجنسي ٣٦٦
التكاثر
~ وتغيرات الحالة ٢٠-٢١
~ والضباب الشبورة والضخان ٢٦٣
السحب و ~ ٢٦٢
- النّدى و ~ ٢٦٨
تكاثر ٢٨، ٥٣
التكاثر الحيوي ٣٧٩
تكبير الصور الفوتوغرافية ٢٠٧
التكتونيات اللوحية، تكتونيات
الكتل الصفاحية ٢١٤-١٥، ٢٣٤، ٢١٨
تفسير النفط ٥٧، ٩٩، ٤٠٦
تكون الأرض ٢١٠
تكييف الهواء ١٤١
تليسكوب أرسينو الراديوي ٢٩٧
تليسكوب جبل سيمودريكي ١٩٨
تليسكوب جبل ويلسون ١٩٨
تليسكوب كك ١٩٨
تليسكوب هيل العاكس ١٩٨
التليسكوبات (المقاريب) ١٩٨
~ الشمسية ٢٨٤
~ على الأرض ٢٩٧
~ في علم الفلك ٢٧٣، ٢٩٦
~ في الفضاء ٢٩٨
مرايا ~ ١١١، ١٩٥، ١٩٨
التليسكوبات العاكسة ١٩٨، ٢٩٧
التليسكوبات الكاسرة ١٩٨، ٢٩٧
تلعة المثالج ٢٢٨
التلغرافية ١٦٢، ١٦٤
التلفزيون ١٦٦-٦٧
السواتل التلفزيونية ٣٠٠، ١٦٦
الصور التلفزيونية ٢٠٨
التلقيح، التأبير ٣١٨-١٩، ٣٦٧
التلوث ٣٧٣، ٣٧٤-٧٥، ٤٢٤
إعادة التدوير و ~ ٢٧٦
~ والإشعاعية ٢٧٢، ٣٨٢
~ بالرصاص ٢٧٢
~ بالضخان ٢٦٣
~ بالمطر الحامضي ٦٨، ٦٩، ٧١
~ الصناعي ١١٢
~ ومحطات القدرة ٦٤
تلوث المحيطات ٢٨٧
تلوث المياه ١١٢
تلوث الهواء ٧٤، ١١٢، ٢٤٩
التلونية (التشبع اللوني) ٢٠٣
تماسك ١٢٨
التماسيح ٢٣١، ٢٤٤
التماسيح الأمريكية ٢٣١، ٢٨٩
تماسيح الهند ٢٣١
تمبولو (بُرْزخ شاطئي) ٢٣٧
التمدّد ٥٠
التمعج ٣٥٦
تمعجات النهر ٢٣٣
التثوية ٣٨٠
التناسل (أنظر التكاثر)
التناسل الجنسي ٢٦٤-٦٥، ٣٦٧
التناضح ٢٤١
تنانين كمودو ٢٣٠
التنبؤ بالأحوال الجوية ٢٧٠-١
التنجستن ٣٢
كربيد ~ ٨٨
التندرا ٢٨٢ - ٨٣
أنظر أيضا مناطق التندرا
التنفّس ٦٥، ٣٤٧
~ الخلوي ٣٤٦
~ في الجسم البشري ٧٦، ٧٧
التنفّس الحيواني ٧٧، ٢٤٦
تنفّس لا حيواني ٧٧، ٢٤٦

- التنقية الكهرلية ٦٧
التواترات ٣٣١
توازن ١١٧
~ التفاعلات ٥٤
~ قوى الدوران والتدوير ١٢٤
~ مُستقر ١٢٤
توافق ١٨٦
التوافقيات ١٨٦
التوازن ٢٢١، ٣٠
توت الأرض (الفريز) ٣٦٦
التوتر السطحي ١٢٨، ١٩
التؤدد ٣٦٧، ٣٢٩
تور (وحدة ضغط) ١٢٧
تورنغ - آلان ١٧٥
توريشلي - إيفانجليستا ١٢٧
التوصيل ١٤٢
توكاماك ١٣٧
تومبوغ - كلايد ٢٩٢
تويجيات (بتلات) ٣١٨
تيار الخليج ٢٣٥
التيار الكهربائي ١٤٨ - ٤٩
التيار المتناوب ١٥٩، ١٦٠
التيار المستمر ١٥٩، ١٦٠
تيارات الخلل (الحراري) ١٤٢، ٢٥٥، ٢٦٠، ٢٦٢
التيارات الدائرية ٢٣٥
التيارات المحيطية ٢٣٥، ٢٤٤
التيارات النفاثان (النافوريان) ٢٥٤
تيان ٢٩١
التيتانيوم ٣٢، ٣٧
التيتنيك ١٨٥، ٢٦٢
تيتينيا ٢٩٢
الثفا الغريضة الورق ٣٨٨
التيفونات (الاعاصير المدارية) ٢٥٨
تيندال - جون ٢٦٩
- ث
ثالث فوسفات الأدينوسين (أ ت ب)
٤٣-٣٤٦
ثاني أكسيد الكبريت
تلوث الهواء ب ~ ~ ~ ٤٥، ٢٣١
حامض الكبريتيك من ~ ~ ~ ٨٩
ثاني أكسيد الكربون ٤٠
إختبار تعرف ~ ~ ~ ٤٠٤
~ ~ ~ والتخليق الضوئي ٦٥، ٣٤٠
~ ~ ~ الجليدي ٢٠
~ ~ ~ وظاهرة الدفنيات ٤٠، ٢٤٧، ٢٧٢
~ ~ ~ والغابات المطيرة ٣٩٥
~ ~ ~ في الهواء ٧٤
~ ~ ~ والمطر الحمضي ٢٣١
~ ~ ~ والوقد الأحفورية ١٣٥
دورة الكربون و ~ ~ ٢٧٢
ثاني أكسيد النتروجين ٥٤
ثاني فوسفات الأدينوسين (أ ب)
٤٣، ٣٤٦
الثريا ٢٨٠
الثعالب ٣٧٩، ٣٩٧
- ج
الاجاذبية ١١٥، ١٢٢
~ الأرضية ١٢٢، ١٢٥
~ وانعدام الوزن ٢٠٣
~ وسرعة الإفلات ٢٩٩
~ والسرعة الانتهاية ١١٩
~ الصغرية ٣٠٤
~ والطاقة الكامنة ١٢٣
~ في النظام الشمسي ٢٨٢
~ والمجرات ٢٧٦، ٢٧٥
~ والنجوم ٢٨٠
~ والنظرية النسبية ٢٨١
ضغط الهواء بفعل ~ ٢٥٠
جاسيرا - كويكب ~ ٢٩٤
جاكار - جوزيف ١٧٤
جالي - جوهان ٢٩٢
جاليات (مشتغيرات) الطيور ٣٧٨
جاماو - جورج ٢٧٥
جانسين - رخايس ٣٣٨
جانيميد ٢٩٠
جاولد - جوزفون ١٩٩
الجبال (البينيات) ٣٨٤
~ والطقس ٢٤٩
~ والهياتر الثلجية ٢٦٦
~ كأنظمة بيئية ٣٧١
درجات الحرارة في ~ ٢٥١
ضغط الهواء على ~ ١٢٧، ٢٥٠
كميات المطر في ~ ٢٦٤
مناخ ~ ٢٤٤
نشوء ~ ٢١٠، ٢١٤، ٢١٨-١٩
جبال الألب ٢٥٤، ٣٨٤
جبال الأنديز ٢٥٤، ٣٨٤
جبال الجليد ٢٢٨-٢٢٩، ٢٦٣
جبال الروكينز ٣٨٤
~ ~ "و ظل المطر" ٢٦٥
جبال الطي ٢١٨-١٩
الجبال الكتلية ٢١٨
الجبال الميحادية ٢٣٠
جبال الهيمالايا ٢١٨، ٣٨٤
جبال اليورال ٢١٨
الجيس ٧٣
بلورات ~ ٣٠
~ ومقياس مؤلف ٢٢١، ٤١٥
جبيل أوليفس ٢٨٩
جبيل بيناثوبو ٢٤٧
- جبل فوجي ٢١٧
جبيل فيزوف ٢١٦
جبيل القديسة هيلانة ٢١٦
~ كينيا ٣٨٤
جبيل واي إيلالي ٢٦٤، ٤١٦
الجبين ٨٠، ٩٢، ٣١٥
الجبينات الباردة ٢٥٣، ٢٧٠
الجبينات الدافئة ٢٥٣، ٢٧٠
جبينات مرتجة ٢٥٣، ٢٧٠
الجبينات المناخية ٣٥٣، ٢٧٠
الجبون، الشق ٢٣٧
جبيلات اليخضور ٣٢٩، ٣٤٠
الجبذات الغرائبية ٢٢٢
جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩
الجدول الدوري ٣٢-٣٣، ٤٠٢-٣
الجرايات ٣٣٥، ٤٢١
الجراثيم أنظر البكتيريا؛ والحما
جراحة ليزرية ١٩٩
الجزائر القنغرية ٢٩٠
الجزف (الصخور الشاهقة) ٣١٤
الجزف الشاطئي ٢٣٧
جزف صخرية ٢٣١
الجرمانيوم ٢٣
جرينلند
الغطية الجليدية في ~ ٢٢٩، ٢٤٦
الثلج في ~ ٢٦٦
مثالج ~ ٢٢٨
الجزر - المد و ~ ٢٣٥
جزر الشعاب المرجانية ٢٣٤
الجزع ١٣١
الجزينات ٢٤
تكسير ~ الكبيرة بالحفر ٥٧
عد ~ ٥٣
~ وانتقال الحرارة ١٤٢
~ ودرجة الحرارة ١٤٠، ١٤١
~ والزوايا الإسهامية ٢٩
~ في المحاليل ٦٠
~ في المكثورات ٤١، ١٠٠
~ والنظرية الحركية ٥٠
جسر مضيق تاكوما ١٢٦
الجسم البشري
الأغصاب في ~ ~ ٢٦٠
إغذاء ~ ~ ٣٤٣
بدائل ~ ~ الاصطناعية ١١١
البيئة الداخلية في ~ ~ ٣٥٠-٥١
التنفس الخلوي في ~ ~ ٣٤٦
التنفس في ~ ~ ٣٤٧
~ ~ وانعدام الوزن ٣٠٣
~ ~ والتناسل ٢٦٨
~ ~ والحركة ٣٥٦
~ ~ والطب ١٠٤-٥٠
خواس ~ ~ ٣٥٨-٥٩
الدورة الدموية في ~ ~ ٣٤٩
العضلات في ~ ~ ٣٥٥
كيمياء ~ ~ ٧٦-٧٧
المحتوى المائي في ~ ~ ٧٥
نمو ~ ~ وتطوره ٢٦٢-٦٣
«الجزر» الحرارية ٢٤٤
الجسور ١١٧، ١٤١
~ العنقية ١١٧
~ القنطرية ١١٧
جسور معلقة ١١٧
- الجسيمات
جسيمات الجوامد ١٨
جسيمات السوائل ١٨
جسيمات الغازات ١٨
~ دون الذرية ١٧، ٢٤-٢٥، ١١٣
~ والرياح الشمسية ٢١٣
~ والضوء ١٩٠، ١٩١
~ ونظرية التصادم ٥٥
~ والنظرية الحركية ٥٠
مُسارعات ~ ٢٥، ١٣٧
الجسيمات المشحونة ٢١٣
جبل الجراج ٣٥٩
الجغور ٢٩٤
الجفاف ٢٦٥
الاسماك الرئوية و ~ ٢٨١
فترة ~ الأطول ٤١٦
دورات ~ ٢٤٢
جلاء اللؤلؤ ٢٠٣
جلاباجوس - جزر ٣٠٩، ٣٣٠
جلاشو - شلن ١١٥
جلبرت - وليم ١٤٥، ٢١٣
الجلد ٣٣٠، ٣٥٤
الجلكي ٢٢٦
الجليد ٢٢٨، ٢٢٩-٢٦٨
~ وتغيرات الحالة ٢١
~ وتكون المطر ٢٦٤
~ وخصائص التبريد ٢٦٧
~ ودرجة الحرارة ١٤٠
~ والسحب ٢٦٠
~ والصقيع ٢٦٨
~ والكشف الثلجية ٢٦٦
~ والمناطق القطبية ٢٨٢
~ والمذنبات ٢٩٥
الجليد الجاف ٢٠
جليش - جيس ٢٤٩
الجمال ٣٤٢، ٣٩٠
الجشمة، القحف ٢٣٦، ٣٥٣
جمع القوى ومخصلاتها ١١٦
الجملة العصبية
البيئة الداخلية في ~ ~ ٣٥٠
الدماغ و ~ ~ ٢٦١
العضلات و ~ ~ ٣٥٥
جملة الغذاء الضم ٣٥١
الجملة اللغوية ٣٥١
الجنادب
آذان ~ ٣٥٨
أغصاب ~ ٢٦٠
~ والتحول ٢٦٣
~ والتمويه ٢٨٠
صير ~ ١٨٣
الجبينات الكريوزوتية ٢٩١
جندوانا ٢١٥
جنر - إدوارد ١٠٥
الجنس ٣١٠
الجنس البشري ٢٣٦
الجنين ٢٦٨
جهاز الصوت والضجيج ١٨١
أنظر أيضا الصوت
الجو ٢٤٨-٩، ٢٨٧
جو الرقرة ٢٨٦
جو المشتري ٢٩٠
~ والاشعاع ٢٩٨
~ والجبينات ٢٥٣
- ~ وطبقة الأوزون ٤٤، ٤٦
~ وظاهرة الدفنيات ٤٠، ٢٧٢
تلوث ~ ٢٤٩
رطوبة ~ ٢٥٢
الرياح و ~ ٢٥٤-٦
الغيوم في ~ ٢٦٠-٦٣
أنظر أيضا الهواء
الجوامد ١٨-١٩
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢
تغيرات حالة ~ ٢٠
سرعة الصوت في ~ ١٧٩
كثافة ~ ٢٢
النظرية الحركية في ~ ٥٠
جوامد غير ذووية ٦٠
جودول - جين ٢٧٨
الجوزة الصخرية ٢٢١
جول - جيمس ١٣٢
الجول ١٣٢
جوليوت - فردريك ٢٦
جوليوت كوري - آيرين ٢٦
جي لوساك - جوزيف لويس ٥١
الجيتارات الكهربائية ١٨٩
الجير ٧٠، ٧١
الجيوشكوبات ١٢٥
الجينات ٣٦٤-٦٥، ٣٦٧
الجيولوجية ٢٠٩
الجيولوجية التاريخية ٢٢٦-٢٧
الجيومورفولوجية ٢٠٩
أنظر أيضا الصخور
- ح
الحاجز المرجاني العظيم ٢٨٧
حار الدم ٣٣٢، ٣٥٠، ٤٢٣
الحاسبات ١٤٥، ١٧٢، ١٩١
الحاسبات المكمسة ١٧٠، ١٧٥
حاسة الشم ٣٥٩
حاسوب (أنظر حواسيب)
الحاكي الفونوغراف ١٨٨
حامض، حمض (أنظر حوامض)
~ الإيثانويك ٩٩
~ البيروفيك ٢٤٦
~ الجلوتاميك ٣٠٧
~ الخليك ٦٨، ٧٣
~ الكبريتيك ٤٥، ٦٨-٦٩، ٧٣، ٨٩
~ الكربوليك ٩٦، ١٠٥
~ اللين ٧٧، ٢٤٦
~ النترك ٦٨، ٩٠
ال ~ النووي الزبيبي (ر ن ا)
٣١٢
~ النثليك ٦٨
~ الهيدروكلوريك ٦٨-٦٩، ٧٦
الخبار (السبيدج) ٢٢٤
جبر ~ ١٠٢
سباحة ~ ٣٥٧
الخبليات ٤٢١
حث الرياح ٢٢٠-٢١
الحجاب الحاجز ٢٤٧
الحجر الجيري (الكلسي) ٧٠، ٧٣
تحات ~ ~ ٢٣١، ٢٣٢
تنشؤ ~ ~ ٢٢٣
~ وبلاط الرصف ٢٣١
~ والجيولوجية التاريخية

- ٢٢٦ ~ ~ والرَّخام ٢٢٤
~ ~ في صناعة الحديد ٨٤
الخجر الرَّمْلِي ٢١٩، ٢٢٣، ٢٢٦
الخجر الكِلْسِي المَحَارِي ٢٢٣
خجر المِغْنَطِيس ١٤٥
حجرات مُظْلَمَةٌ لتَظْهِير وَطْبَع
الافلام الفوتوغرافية ٢٠٧
حُجْرَةُ الفُقَاعَات ١٧
الخَجْم ٢٢
حدايق الحيوانات ٣٩٩
خَدَقَةُ العَيْن ٢٠٤
الحديد
استخدامات ~ ٤٠٧
استخراج ~ بالصهر ٨٤
اكتشاف ~ ٨١، ٦٦، ٣١
تفاعلية ~ ٤٠٥
~ والفولاذ ٨٥-٨٤
~ في الكائنات الحيّة ٣٦
~ والمغناطيسية ١٥٤
صَدَأ ~ ٦٤، ٤٤
مُرَكَّبَات ~ ٥٨
الحرائق
الأكسجين و~ ٤٤
مُكَافَحة ~ ٧١، ٦٤
نظريّة اللاهوب و~ ٦٤
الحرارة ١٤٠-٤١
إنتقال ~ ١٤٢
بقاء ~ ١١٢
~ والتفاعلات الكيماوية ٥٢
~ والمؤصلية ٢٣
«الجُرَر الحراريّة» ٢٤٤
الشغل و~ ١٣٢
الحرارة الكامنة ١٤١
حراشف السّمك ٣٥٤
الحرباء (ج. الحرابي) ٢٠٣
الخُرَشَفِيَّات ٣٣٠
الخَرَكَة ١٢٠
~ والإهتزازات ١٢٦
~ الدائرية ١٢٥
~ الدائمة ١٣٩
طاقة ~ ١٣٣
الخَرَكَة البراونيّة ٥٠
خَرَكَة وَتَنَقُّل الحيوانات ٣٥٦-٥٧
الحرير الصناعي (الرايون) ٨٩، ١٠٧
الخَسَر (قَصَر البَصَر) ٢٠٤
الخَشَرَات ٣٢٣
الأجزاء القَمَوِيَّة في ~ ٣٤٤
الأجهزة العصبيّة في ~ ٣٦٠
أحافير ~ ٢٢٥
أصوات ~ ١٨٣
أغْمُر ~ ٢٠٥
تَحْوُل ~ ٣٦٣
تصنيف ~ ٤٢١
التنفّس في ~ ٣٤٧
~ وتباير الأزهار ٣١٨، ٣١٩
خَوَاس ~ ٣٥٩
طيران ~ ٣٥٧
الهياكل الخارجيّة في ~ ٣٥٢
الحصى ٢٣٧، ٢٣٠
خصى ثلاثيّة القرن ٢٣٠
الحصادة الدَّرَاسَة ١٣٠
جِصَان پِرْزُولْسْكي ٤٠٠
- ٢٣٧، ٢٢٣، ٢٢٧
الحَفَازَات ٥٦-٥٧
~ في تكسير النُّقْط ٩٩
~ في اللُّصُوقَات ١٠٦
حَفَازَات الخلايا الوقوديّة ٥٦
الجِفاظ على البيئة الطبيعيّة ٤٠٠
خَفَر، قُوّهَات
ال ~ الرجميّة ٢٩٥
جَفْظُ الأَطْعَمَة ٩٣، ٧٩
خَلَقَات رُحْل ٢٩١
الخُلِي ٢٢١
الحليب (اللبن) - بَشْتَرَة ~ ٩٢
تحضير الحُبْن من ~ ٩٢
~ واللُّبُونَات ٣٢٤-٣٥، ٣٦٨
الحُمَات (الفُيُروسَات) ١٠٥، ٣١٢
~ والأمراض ٣١٢
حُمَات الخَلَا ٣١٢
الحُمَات (الينابيع الحارّة) ١٨، ٢١٧
~ والدَّلَوَات الطَّبَاشِيرِيَّة ٣٥
~ والطاقة الحراريّة الأرضيّة ١٣٤
خَمَاتُ الماء والبُخَار ٢١٧
الخَمَاق ٣١٢
الخَمَانِيَّات ٣١٢
خَمَّة فُسْفِيَّاس الخُرَاسِي ٣١٢
الخُمُر البَرِّيَّة ٣٨٤
خُمُر الرُّزْد ٣٣٤، ٣٩٢، ٣٩٣
الخُطَل (الحراري) ١٤٢
خُطَل، خَبَل ٣٦٨
فترات ال ~ ٤٢٢
جَمَلَاج الأكسجين والاسيتيلين ٤٤
الخُمُو العَالَمِي ٢٤٧، ٢٧٢
خَمِيرُ القَبَان ٣٩٦
خَوَارِي دُبَابَة الصُّخُور ٣٧٥
الحَوَاس ٢٢، ٣٥٨-٥٩
الخَوَاسِيب ١٧٣-٧٤
الاتصالات البُعاديّة و~ ١٦٢
استخدام ~ ١٤٥، ١٧٥
الأصوات الإلكترونيّة و~ ١٨٩
أَقْرَاص ~ ١٧٤، ١٧٣، ١٥٥
تَعْرِف الكلمات بـ ~ ١٨٣
تَنَبُّؤ الأحوال الجويّة بـ ~ ٢٧١
الدَّارَات المتكاملة في ~ ١٧٠
الروبوبات و~ ١٧٦
~ والحاسبات ١٧٢
~ وعِلْمُ الفَلَك ٢٩٦
الحَوَاسِر (أَنْظُرُ القُدُن) ١٢١
الخَوَامة ١٢١
الحَوَامِض ٦٨-٦٩
~ والأملاح ٧٣
~ والقواعد ٧٠
~ وقياس الحمضيّة ٧٢
الحَوَامِض الأمينيّة ٣٠٧، ٣٤٥
الحوت الأبيض ٣٨٢
الخَوْتِيَّات ٣٢٤
الخَوِصَلَات الخَبِيطِيَّة ٣٢٠
الحياة على الأرض ٢٨٧
مَافِيَّة الحياة ٣٠٦
أَنْظُرُ أيضًا الحيوانات؛ والكائنات
الحيّة؛ والنباتات
الحيّة، الأفاعي ٣٣، ٣٥٩
حَيَّات التَّلَوِي الجَانِبِي ٣٥٦، ٣٩٠
الحيتان ٢٨١-٨٢، ٢٨٦-٨٧، ٢٨٩
- ٤٠٠
الحيوانات
الإبصار في ~ ٢٠٢
أدمغة ~ ٣٦١
الأسنان والفكّان في ~ ٣٤٤
أصوات ~ ١٨٣
أعصاب ~ ٣٦٠
أعين ~ ٢٠٤-٢٠٥
ألوان ~ والتَّمَوِي ٢٨٠
إنقراض ~ ٢٩٨-٩٩، ٤٢٥
البيئة الداخليّة في ~ ٣٥٠-٥١
تَحْرُك وانتقال ~ ٣٥٦-٥٧
تربية ~ ٩١
تصنيف ~ ٣١٠-١١، ٤٢١
تَطَوُّر ~ ٣٠٨
التغذية في ~ ٣٤٢
التناسل الجنسي في ~ ٣٦٧
تَنَفُّس ~ ٣٤٧
جماعات ~ ٣٧٨
حَوَاس ~ ٣٥٨-٥٩
~ ودورات الغلاف الحيوي ٣٧٢-٣٧٣
~ ودورة الكربون ٤١
~ في الحواضر والمدُن ٣٩٧
~ في الصحاري ٣٩٠
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥
~ في مَحْمِيَّات الحياة البريّة ٤٠٠
~ المنجحة ٢٩٣
دَوْرَةُ الأكسجين و~ ٤٤
دَوْرَةُ النتروجين و~ ٤٢
سُيَّات ~ الشتوي ٣٨١
السَّمْع في ~ ١٨٢، ١٨٣
العُشْرَة والتعايش في ~ ٣٧٩
عَضَلَات ~ ٣٥٥
فَتَرَات الخُطَل في ~ ٤٢٢
مَدَى أَعْمَار ~ ٤٢٢
مُعْدَل الاستقلاب في ~ ٤٢٢
المناخ و~ ١٤٢
تُمُو وتَطَوُّر ~ ٢٦٢-٦٣
هَجْرَة ~ ٢٨١، ٤٢٥
هَيَاكِل ~ الدائمة ٣٥٢-٥٣
الوراثيّات في ~ ٢٦٤-٦٥
حيوانات القُطْعَان ٣٤٣
الحيوانات اللَّيْلِيَّة النَشَاط ٣٩١
أَنْظُرُ أيضًا اللَّبُونَات
حَيَومَات ٣٧٠
- خ
الخارصين، الرُّنْكَ
تفاعلية ~ ٤٠٥
~ والطلاء الكهربائي ١٤٩
~ في البطاريات ٢٦
الغَلْفَنَة بـ ~ ٦٦
خارطة بِيْتَرُز ٢٤٠
الخاصّة الشعريّة ١٢٨
خام كبريتيدي ٨٦
خامات الترونا ٩٤
خامات الحديد ٨٤، ٢٢١
خامس أكسيد الفاناديوم ٨٩
خَانِق الكرسنّة، الكَشُوت ٣٧٩
الخَبَث ٨٤
الخَبز ٨٠، ٩٣
الخُحْ ٢٣٢، ٢٣٨، ٢٨٩
- خُثْرَات الدَّم ٣٤٨
الخُدْع البَصْرِيَّة ٢٠٤
خُرَانِط ٢٠٩، ٢٤٠
خُرَانِط الإسقاط الأسطواني ٢٤٠
خُرَانِط الإسقاط السُّفْتِي ٢٤٠
خُرَانِط الإسقاط المَحْرُوطِي ٢٤٠
~ الطقس ٢٥٠، ٢٥٣، ٢٧٠، ٤١٦
~ النجوم ٢٨٢
الخُرَانِطِيَّات ٢٤٠
الخراطين (ديدان الأرض) ٣٢١، ٣٥٢، ٣٦٠
خُرَاف البَحْر ٣٨٩
خُرَانات ٨٣
الخُرَفِيَّات ١٠٩
الخسوف والكُسُوف ٢٠١، ٢٨٥
الخَشَب ١٠٨، ٤٠٧
خَشْبِين، لِجْنِين ١٠٨، ٣٥٢
الخَشْخَاش ٣١٨
خَشِيف ٢٢٨
الخُصِيَّات ٣٦٨
الخُصْب ١٠٢
~ ولون الجِلْد ٢٠٣، ٣٥٤
خُطُ الإسْتِوَاء
~ والتَّيَّارَات المَحِيطِيَّة ٢٣٥
~ ~ والمناخ ٢٤٤
نَرَجَات الحرارة و~ ~ ٢٥١
شكل الأرض حَوْل ~ ~ ٢١١
نُطْق الرُّهُو الاستوائي ٢٥٤
خُطُ بِلْمَسُول ٤٠٨
~ تساوي الضغط ٢٥٠، ٢٧٠
الخُطُ الجَانِبِي فِي الأسماك ٣٥٨
خُطُ الطُول ٤١٤
خُطُ العَرْض ٤١٤
الخُطَاطِيف ٣٩٧
خُطُوط الإِمْتِصَاص فِي أَطْيَاف
النجوم ٢٧٨
خُطُوط الانابيب ٨٢
خُطُوط السَّاحِل ٢٣٦-٣٧
خُطُوط فَرَاوْنَهُوفَر ١٩٣
الخفافيش ٣٢٤
تَطَوُّر ~ ٣٠٨
صَرِير ~ ١٨٣
مَبِيت ~ ٣٩٧
الخَل ٦٩
خلايا
التنفّس الخلوي ٢٤٦
~ الأوَّلِيَّات ٣١٤
~ البِكْتَرِيَا ٣١٣
~ التناسل الجنسي ٣٦٧، ٣٦٨
~ الدَّم ٣٤٨
~ الدُمَاق ٣٦١
~ الكائنات الحيّة ٣٢٧، ٣٣٨-٣٩
~ ال ~ الكهربائيّة ١٥٠-٥١
~ ال ~ الوراثيّة ٣٦٤-٦٥
نَمُو ال ~ ~ ٢٦٢-٦٣، ٢٦٥
خلايا أكسيد الزنك ١٥٠
الخلايا الجافّة ١٥٠-١
الخلايا الحيوانيّة ٣٢٧، ٣٢٨
الخلايا الشَّمْسِيَّة ٣٩، ١٣٤، ١٥١
الخلايا الضَّعْفَانِيَّة ٣٦٥
خلايا فَرْدَانِيَّة (أحادية
- الصَّبْغِيَّات) ٣٦٥
الخلايا القُلْطَانِيَّة الصُّوْتِيَّة
(الشَّمْسِيَّة) ١٣٤، ١٣٩، ١٥١
خلايا كَهْرُصُوْتِيَّة ١٩١
خلايا اللَّحَاء الدَّاخِلِي ٣٤١
خلايا النُّسِيج الخَشْبِي ٢٤١
خلايا النيكل والكادميوم ١٥٠
الخُلْجَان الإِفْجِيْجِيَّة (الفِيُورِدَات)
٢٣٦
خُلْدُ الماء البَطْنِي المِنْقَار ٢٣٥
خَلِيَّة (انظر خلايا)
خَلِيَّة كَهْرَبَائِيَّة مِن لَيْمُونَة حَامِضَة
١٥١
الخمائر ٢١٥
الاختِمَار بـ ~ ٨٠، ٩٣
تَكَاثُر ~ ٣٦٦
خَنَازِير الهِنْد ٣٩٣
الخَنَافِيس ٣١١، ٣٥٢
~ القاذفة ٢٢٣
خَوَافِت المَصَابِيح الكَهْرَبَائِيَّة ١٥٣
الخُوطَان القُطْرِيَّة ٣١٥
الخِيَار ٣١٨
الخياشيم ٣٢٧، ٣٤٧، ٣٤٩
الخَيْل ٣٠٨، ٤٠٠
الخيمياء ١٧، ٦٠
- د
الداء السُّكْرِي ١٠٥
دائرة البُرُوج ٢٨٢
الدَابَّات الكَسَالِي ٣٩٤
داجير - لويس ٢٠٧
الدَّارَات ٧٢
دَارَات التَّوَازِي ١٥٢، ١٥٣
دَارَات التَّوَالِي ١٥٢، ١٥٣
الدَّارَات الكَهْرَبَائِيَّة ١٥٢-٥٣
~ ~ المتكاملة ١٧٠-٧١
~ ~ المِغْنَطِيسِيَّة ١٥٥
لُوحَات ~ ~ ١٤٩، ١٧٠
عَصَاوِر أَوْ قَوَاطِع ~ ~ ١٦١
الدَّارَات المُتَكَامِلَة ١٧٠-٧١
~ ~ في الحاسبات ١٧٢
~ ~ في الحواسيب ١٧٢
الدَّارَات المَنْطِقِيَّة ١٧١
داروين - تشارلز ٣٠٩، ٣٦٩
ذَلْتُون - جون ٢٤، ٥٣
الدَّابَّوَات ١٦٨-٦٩
الدَّابَّوَات الصُّوَاءَة ١٥١، ١٦٩، ١٩٣
دُبَال ٢٣٢، ٢٧٦
الدَّبِيَّة
~ والإسْبَات الشَّتَوِي ٣٨١
~ والتغذية ٣٤٢
~ القُطْبِيَّة ٣٨٢، ٤٠٠
الدُّثَارُ الأَرْضِي ٢١٢
يَكْتَوْنِيَّات الْبَكْتَل الصَّفَانَحِيَّة
و~ ~ ٢١٤
الصُّخُور الْبُرْكَانِيَّة و~ ~ ٢٢٢
النُّطْق الحَارَّة فِي ~ ~ ٢١٧
الدَّرَاجَات
إِحْتِكَال ~ ١٢١
دِينَامُوَات ~ ١٥٩
مَنَافِخ ~ ١٩، ٥١
نَرْب التَّيَّانَة ٢٧٤-٧٧، ٢٨٠

ن	الرمات ٢٤٣	راتينج ايوكسي ١٠٦	الديان العروية ٣٢١، ٣٨٥	درجات الحرارة ١٤٠-٤١، ٢٥١
الزئبق	الرمات ٢٤٣	راتينج سينيكا ٣١٧	الديان المؤدرة ٣٢١	تأثير ~ في سرعة التفاعلات
الإنسليم ب ~ ٢٧٤	الرمات ٢٤٣	راج - كليمنت ٢٥٨	الديان المؤدية ٣٤٣	٥٥
البارومتري الزئبقية ١٢٧، ٢٥٠	الرمات ٢٤٣	رند، ساق مذابة ٣٦٦	الديان المستطحة ٣٦٠، ٣٦٠	~ وتغيرات الحالة ٢٠
~ في الجدول الدوري ٣٢	الرمات ٢٤٣	الرائون ٤٨	٤٢١	~ حرارة الجسم ٣٥٠، ٤٢٣
هالة سطح ~ ١٢٨	الرمات ٢٤٣	الرائون ٦٥-١٦٤	ديفي - همفري	~ والطفس ٢٥١، ٤١٦
الزباب ٣٤٣	الرمات ٢٤٣	الامواج الراديوية ١٦٤-٦٥، ١٧٧	إكتشافات ~ ٦٧	~ حرارة النجوم ٢٧٩
الزباب الشجرية ٣٣٤	الرمات ٢٤٣	~ والإلكترونيات ١٦٨	~ والكهولة ٣٤	~ واللونية ٢٠٢
زئبد المزجرين ٦٥	الرمات ٢٤٣	~ والطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢	~ ومصباح الامان للمعدنين ٢٣٨	~ والمناخ ٢٤٤، ٢٤٧
الزجاج ١١٠	الرمات ٢٤٣	~ والهواتف النقولة ١٦٣	ديمقريطس ٢٤	مقاييس ~ ~ ١٣٨، ١٤٠، ٤٠٨
البورون و ~ ٣٩	الرمات ٢٤٣	علم الفلك الراديوي ٢٩٧، ٢٩٨	ديفلر - غوليب ١٤٤	دروهم - وليم ١٧٩
~ البلوري المصص ٣٨	الرمات ٢٤٣	مضبط الجهارة في جهاز ~ ١٥٣	الديناميات الحرارية ١٣٨	الدزوك الكوي ١٠١، ٣٧٦
~ والقدسات ١٩٧	الرمات ٢٤٣	الراديوم ٢٦، ٣٥	الدينصورات ٢٧٥، ٢٣٠	الدعائم الزايرة ١١٧
~ الفوتوكرومي ٢٠٠	الرمات ٢٤٣	رأسيات الاقدام ٣٢٤	أحافير ~ ٢٢٥، ٢٢٦	الدعاسيق ٣٨٠
صنع ~ ٤٠٦	الرمات ٢٤٣	الراكونات ٣٤٢، ٣٧٩	أسماء ~ ٣١١	دفاعات الجسم ٣٥١
لدائن مغلزة ب ~ ١١١	الرمات ٢٤٣	رامزي - السير وليم ٤٨، ٧٤	إنقراض ~ ٢٢٧، ٣٢١	دفع رافع (غولي) ١٢٩
الزجاج اللوحي المغوم ١٠٠	الرمات ٢٤٣	زايد - سالي ٣٠٢	تطور ~ ٣٠٨	الدفع النفات ٣٥٧
الزجاج الليفي ١١١	الرمات ٢٤٣	الرئيسات ٣٣٦	ديوار - جيمس ١٤٢	الذلافين ١٨٥، ٣٠٨، ٣٣٤
زحف التربة ٢٣٢	الرمات ٢٤٣	رايلي - اللورد ٤٨، ٧٤	الديوتريوم ١٣٦، ١٣٧	دلوكت جليدية ٢٦٨
زحل ٢٨٣، ٢٩١	الرمات ٢٤٣	الرايون (الحريير الصناعي) ٨٩، ١٠٧	ذ	الدّم ٣٤٨، ٣٥٠
إحصائيات عن ~ ٤١٨	الرمات ٢٤٣	الرؤو ١٠٥	الذئاب ٣٧٨، ٤٠٠	دوران ~ ٣٤٩
حلقات ~ ٢٩١	الرمات ٢٤٣	الرؤتلاء ٣٩١	ذاكرة الحاسوب ١٧٤، ١٧٥	هيموغلوبين (يخمر) ~ ٧٧
السوابر الفضائية إلى ~ ٢٧٣	الرمات ٢٤٣	الرؤتية (الروماتيزم) ٢٧٢	ذاكرة قراءة فقط (رم) ١٧٤	وظائف ~ ٣٥١
٢٩١، ٣٠١	الرمات ٢٤٣	الرؤم ٢٩٥، ٣٠٧، ٤١٨	ذاكرة الوصول العشوائي ١٧٤	الدماغ ٣٦١
الزراعة	الرمات ٢٤٣	رؤم بارينجر ٢٩٥	الذباب	تحكم ~ بالعضلات ٣٥٥
الإفتسال في ~ ٣٦٦	الرمات ٢٤٣	الرؤم النيزكية ٢٨٧	أجنحة ~ ٣٥٧	~ والإبصار ٢٠٤
الجفاف و ~ ٢٦٥	الرمات ٢٤٣	الرؤم ٣٦٨، ٣٢٤	أعين ~ ٢٠٥	~ والجملة العصبية ٣٦٠
الرطوبة و ~ ٢٥٢	الرمات ٢٤٣	الرؤم، المغثر ٣٤٢، ٣٨٠	أيوض ~ ٣٠٧	~ والحواس ٣٥٨
الرّي في ~ ٢٣٣	الرمات ٢٤٣	الرؤم، المغثر ٢٢٤	الذباب الحوام ٣٨٠	~ ومراقبة الجسم ٣٥٠
~ العضوية ٩١	الرمات ٢٤٣	رؤم - شارل ف ٢٢٠	ذباب الكاديس ٣٤٣	د ن ا (الحامض النووي الزبيبي
الطفس و ~ ٢٤١	الرمات ٢٤٣	الرؤمات ٣٢٤	الذبابات ١٢٦	المنقوص الأكسجين) ٣٢٨
الكيمياء الزراعية ٩١	الرمات ٢٤٣	تصنيف ~ ٣١٠، ٤٢١	أنظر الاهتزازات	~ والانقسام الخلوي ٣٦٢
الزرافى ٣٧٩، ٣٩٢	الرمات ٢٤٣	محرار ~ ٣٠٦، ٣٥٢	فترة ~ ١٢٦	~ والحما ٣١٢
الزرنين ٣٩، ٦٣	الرمات ٢٤٣	الرؤان ٢٦٤	الذبل ٣٣١	~ وعلوم الطب الشرعي ٦٢
زعانف الأسماك ٣٢٧	الرمات ٢٤٣	رؤفوردي - إرنست ٢٥، ١٣٧	ذرى صخرية منغزلة ٢٢٩	~ والفسفانات ٤٣
الزغفران ١٤٠	الرمات ٢٤٣	رؤفوردي - دانيال ٧٤	ذراع التحكم في الحاسوب ١٧٣	~ والوراثيات ٣٣٧، ٣٦٤-٥
الزغفات ٣٨١	الرمات ٢٤٣	رؤل - أني ٢٤٢	ذكاء الحواسيب ١٧٥	الدهانات ١٠٢، ٢٠٣
الزقيات ٣٢٥، ٣٨٥	الرمات ٢٤٣	رؤل - هنري نورس ٢٧٩	ذكور الضفادع ٣٢٨	الدهنيات (الليفاتيات) ٤١
الزكام ٣١٢	الرمات ٢٤٣	الرؤاص ٣٨	الذهب ٣٦-٣٧	الدّهون
الزلازل ٢٢٠	الرمات ٢٤٣	~ واختبار اللهب ٦٣	إختيار ~ ٦٢	التغذية ب ~ ٣٤٢
الزمن الجيولوجي ٢٢٧، ٤١٤	الرمات ٢٤٣	~ والتلوث ١١٢، ٣٧٢	تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥	كيمياء ~ ٧٨
الزئبق الفرجونية ٤٠٠	الرمات ٢٤٣	~ في الجدول الدوري ٢٣	~ كناتج ثانوي في استخراج	قضم ~ ٣٤٥
الزئبق ٧١، ٣٢٣، ٣٩٦	الرمات ٢٤٣	تفاعلية ~ ٤٠٥	النحاس ٨٦	الدواليب ١٣١
زئبيري العقص ٣٩٦	الرمات ٢٤٣	رؤد الاحوال الجوية العالمية ٢٧١	نقاوة ~ ٥٩	دويلر - كريستيان ١٨٠
الزئبق (أنظر الخارصين)	الرمات ٢٤٣	الرؤص، القضة ٢٢٣	ذهب المغفلين ٦٢	دوران - قوى الد والتدوير
الزئون ٤٨	الرمات ٢٤٣	رؤص قاري ٢٢٤، ٣٨٧	الذوائل (الصفديات الذيلية)	١٢٤
الرؤرة ٢٨٦	الرمات ٢٤٣	الرؤوبة ٧٥، ٢٥٢، ٢٧٢	٣٢٨، ٣٢٩	دورة الماء ٢١، ٣٧٣
إحصائيات عن ~ ٤١٨	الرمات ٢٤٣	الرؤد ١٤٧، ١٧٧، ٢٥٧	ذوات الفلقتين ٣١٨، ٤٢٠	دورة المغذيات ٢٩٣
جؤ ~ ٢٨٦، ٢٤٨	الرمات ٢٤٣	رؤن (خرف حاد) ٢٢٨	ذوات المضراغين ٢٢٤	دولابا الدراجة ١٢١
السوابر الفضائية إلى ~ ٣٠١	الرمات ٢٤٣	رؤن الأثقال ١١٦	الذوبانية ٢٣	دولارات الرؤل ٣٢٥
نشأة ~ ٢٨٢	الرمات ٢٤٣	رؤن الطائرة ١١٤، ١٢٨	الذوق ٣٥٩	دوماغ - جيرهارد ١٠٥
الرؤابع ٢٥٨ - ٢٥٩	الرمات ٢٤٣	الرؤلزي ٣١٨، ٣١٩	ذيل مهاي للقبض ٣٩٥	دوي إختراق جدار الصوت ١٧٧، ١٧٩
مضادات ~ ٢٥٣	الرمات ٢٤٣	الرؤاص (البندول) ١٢٦	ذبول الخيل (السحب) ٣٦١	الدويدات الحمراء ٣٧٥
الرؤاجف ٣٣٠-٣١	الرمات ٢٤٣	الرؤاقات (أنظر الدارات المتكاملة)	ر	الديانوميات، المشطورات ٣٥٢
تصنيف ~ ٤٢١	الرمات ٢٤٣	الرؤاقات السليكونية ١٧٠-٧١	رئات ٣٤٧	ديجيتوكسين ١٠٤
تطور ~ ٣٠٨	الرمات ٢٤٣	الرؤاقات الصغرية (أنظر الدارات المتكاملة)	~ والدورة الدموية ٣٤٨	الديان الخلقية ٣٢١، ٤٢١
مذى أعمار ~ ٤٢٢	الرمات ٢٤٣	رؤام المثالج ٢٢٨	~ الطيور ٣٢٢	ديدان الريفتيا ٣٢١، ٣٨٦
الرؤثروب ٢٠٨	الرمات ٢٤٣	رؤم (ذاكرة قراءة فقط) ١٧٤	راتينج ١٠٦، ٢٢٥، ٣١٧	
زوين (أعمدة طيلية) ٢٣٠	الرمات ٢٤٣	رؤمة المطرقة ١٢٥		
زيت الغاز ٩٨	الرمات ٢٤٣			
زئوليت ٥٦	الرمات ٢٤٣			

- السحاب الطبقيّة المرئية ٢٦١،
٢٦٤
سُحْد، مَشِيْمَة ٣٦٨
سَدَّ أسوان ٣٨٨
السُّدُم ٢٧٤، ٢٧٦
السُّدود ٣٨٨
سديم السُّرطان ٢٨١، ٢٩٧، ٢٩٨
السُّرَاب ١٩٦، ٢٦٩
السُّرَاجِس ٣١٦، ٤٢٠
السُّرَاجِسُ الشَّجَرِيَّة ٣١٦
السُّرطان - داء ٢٧، ١٠٥
السُّرطانات (السلطعونات) ٣٢٢
سَم ٢٤٨
~ الشَّاطِئِيَّة ٣٨٥
~ النَّاسِكَة ٣٧٩
السُّقَانِقُ البَحْرِيَّة وَ ٣٧٩
محار ٣٥٢
يرقانات ٣٦٣
السُّرْعَة ١١٨
~ والسَّارُع ١١٩
سرعة الأسماك ٣٢٦
سرعة الإفلات ٢٩٩
سرعة الرِّيح ٢٥٦
سرعة الصُّوت ١٧٩
سرعة الضوء ١٩٠-٩١، ٢٧٤
~ نِسْبِيَّة ١١٨
سرعة (اتِّجَاهِيَّة) ١١٨، ١١٩
السُّرْعَة النَّهَائِيَّة ١١٩
السُّرْعُوْفَة (فَرَس النَّي) ٣٢٣
السُّرْمَانَات
دورة حياة ٣٢٣، ٣٦٣
يَرَقَانَات ٣٤٤، ٣٨٨
السُّطُوح الانْسِيَابِيَّة الرَّافِعَة ١٢٨،
٣٥٧
سُطُوح الطُّرُق ٢٢٢
السُّطُوح المائِلَة ١٣١
السُّعَادِيْنَ ٣٣٦
رَعِيْق ١٨٣
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤، ٣٩٥
سَعَة
~ الأمواج الصوتية ١٨٠، ١٨١
~ الذبذبات ١٢٦
السُّغْلَة (الأورانغوتان) ٣٣٦،
٣٩٥
السُّغْل، سُوءُ التَّغْذِيَة ٣٤٢
السُّغْن
~ وَحْطٌ پَلْمُسُول ٤٠٨
سُغْن تَنْبُؤَات الأحوال الجوية
٢٧١
سُونَار ١٨٥
السُّغْن الهوائِيَّة ٤٧
سَقَاطَات الأَبْوَاب الكَهْرْمَغْنَطِيْسِيَّة
١٥٦
السُّقْطُ المُثْبِت ٢٧
السُّكْرِيَّات ٢٣، ٣٠، ٧٩
السُّكَّ الحَدِيدِيَّة تُنْظَر القِطَارَات
السُّكُوِيَّة ٣١٧
سَلَاخِف المِيَاه العَذْبَة ٣٣١
السُّلَايِلِ الغَزَائِيَّة ٣٧٧
العُشْب بَدَايَة ٣٩٢
~ في الأنهار ٣٨٨
~ في المحيطات ٣٨٦
السُّلَالَم الموسِيقِيَّة ١٨٧
السُّلَام - عِبْد ١١٥
- السُّلْحَفِيَّات ٣٣١، ٣٨٥
سِلْسِلَة التَّغَاوُلِيَّة ٦٦، ٤٠٥
سِلْسِيُوس - أُتْدُرُز ١٤٠
السلطعون (السُّرطان) ٣٢٢
سُلْم ديسيل ١٨١
السُّلْمُون المُرْقُط (الْتَرُوْتَة) ٣٢٧،
٣٨٨
السُّلِيكَا
~ في الصخور البركانية ٢٢٢
~ في قشرة الأرض ٢١٠
~ في هياكل المشطورات ٣٥٢
السُّلِيكُون ٢٩
سَبَانَك ٢٩
~ في الجدول الدوري ٢٢، ٢٣
~ في شَيْبَة المَوْصَلَات ١٤٩
السُّلُولُوز ٣٢٩، ٣٤٥، ٣٥٢
السُّلُولُوَيْد ١٠٠
السُّمَاء - زُرْقَة ٢٠٠، ٢٦٩
~ عِنْد المَغِيْب ٢٦٩
~ وَرَضْد الطَّقْس ٢٧٢
سَمَاء كَطْهَر الإِسْقَمَرِي ٢٦١
أُنْظَر أَيْضًا الجَوْ
سَمَاد ٩١
السُّمَائِر ٣٢٨، ٣٢٩
السُّمَائِر المِكْسِيكِيَّة (أَجْزُولُوْتَل)
٣٢٨، ٣٢٩
السُّمَائِل ٣٢٨، ٣٢٩
سَمَائِلُ الأَلَم ٣٢٩
سَمَانَات النُّخْل الإفريقيَّة ٣٢٣
السُّمَة، المِيسَم ٣١٩
السُّمُع ١٨١-٨٢، ٣٥٨
السُّمُعِيَّات ١٨٤
سَمَك أَبُو شَص ٣٨٦
سَمَك الرُّنْكَة ٣٨٧
(سَمَك) السُّغْن (الْبِيَاء) ٣٢٦
سَمَك الكَرَاكِي ٣٤٢
سَمَكَة اللُّشَك (الرَّيْمُورَا) ٣٧٩
(أُنْظَر الأسْمَاك)
سُمُومُ الأَطْعَمَة ٧٩، ٣٧٧
السُّمُوكَة (لَاجِسَة السُّكَّر) ٣٢٣
السُّنَاجِيْب ٣٦٤، ٣٩٦
السُّنَّة
طول ٢١١
السُّنُون الضَّوئِيَّة ٢٧٤
سَنْتِيغَرَاد ٤٠٨
سِنِل - قَلْبِرُورْد ١٩٦
السُّهُوب المَرْجِيَّة الطَّبِيعِيَّة
(البِينِيَّات) ٣٧١، ٣٩٢-٩٣
~ ~ ~ ~ ~
السُّهُوبُ المُغْشِيَّة (السُّتَيْس) ٣٩٣
سُهُول فَيْضِيَّة ٢٢٣
السُّهُولُ الْمُتَصَخَّرَة ٢٦٥
سوء التغذية (السُّغْل) ٢٤٢
السُّوَال ١٨-١٩
إِنْتِقَال الحرارة في ١٤٢
التَوَثُّر السُّطْحِي ل ١٢٨
سرعة الصوت في ١٧٩
~ وَتَغْيِرَات الحَالَة ٢٠-٢١
ضَغْط ١٢٧
ضَغْط ~ الهيدرولي ١٩
المَحَالِيِل السَّائِلِيَّة ٦٠
مَرْجِيَّات ٥٩
النَّظَرِيَّة الحَرَكِيَّة في ٥٠
~ اللَّامْرُوجَة ٥٩
- ~ المَرْوَجَة ٥٩
السُّوَابِرُ الفَضَائِيَّة ٢٧٣، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى أورانوس ٢٩٢، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى زُحَل ٢٩١، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى الزُّهُرَة ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى الشَّمْس ٢٨٥، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى عَطَارِد ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى القَمَر ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى الكُوكِبَات ٢٩٤
~ ~ ~ ~ ~
إلى مُذْنِب هَالِي ٢٩٥، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى المَرْيَخ ١٧٦، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى المُشْتَرِي ٢٩٠، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
إلى نِپْتُون ٢٩٣، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
فَايْكِنغ ١٧٦، ٢٨٩، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
فُويَاغِير ٢٧٣، ٣٠١
~ ~ ~ ~ ~
مَارِينَر ٢٨٦، ٣٠١
سَوَابِر لُونَا الفَضَائِيَّة ٣٠١
السُّوَابِقُ والأَسْمَاء الكِيمَاوِيَّة ٤٠٤
السُّوَاتِل ٣٠٠
~ والاتِّصَالَات البُعَادِيَّة ١٦٢،
١٦٣
~ التِّلْفِزِيُونِيَّة ١٦٦، ٣٠٠
~ وَالجَازِبِيَّة ١١٥
~ وَرَسْم خُرَائِط الأرض ٢٤٠
سَوَاتِل الاتِّصَالَات ١٦٤، ١٦٥
سَوَاتِل التَّنْبُؤُ بِالْأَحْوَالِ الجَوِيَّة
٢٧٠، ٢٧١
سَوَاتِل رَضْد الطَّقْس ٢٥٨،
٣٠٠
مَوَادُّ صُنْع ١١١
السُّوُقُ المُتَدَاة (الْأَرَاد) ٢٦٦
السُّوَنَار ١٨٥
السُّوِيْدَاء ٢٦٢
سُوِيْدَاءُ الظَّل ٢٠١
السُّيَّارَات
بَطَارِيَّات ١٥١
تَسَارُع ١١٩
الرُّوْبُوطَات وَ ١٧٦
شَرَعَات ١١٨
سُوق ~ فِي الضَّبَاب ٢٦٢
~ نَاتِ المَحَوَّلَاتِ المُخَفَّرَة ٥٧
~ الْعَامِلَة بِالبَطَارِيَّات ١٥١
~ الْعَامِلَة بِالهَدْرُوجِين ٤٧
مُحَرِّكَات ٦٥، ١٤٣
مَرَايَا السُّوُق ١٩٥
مَسَافَات تَوَقْف ١١٩
مَعَايِرِ الوَقُود فِي ١٥٧
مَكَابِح ١٩، ١٢٨
السُّيَال (السُّلِيكَا وَالْأَلُومِيْنِيُوم)
٢١٠
السُّيَّار ١٨٦
سِيرَاك ٢٢٨
السِّيْتُوِيلَازِم ٣٢٨
سِيْرُوس ٢٩٤
السِّيْرُومُوتِرَات ٢٢٠
السِّيْرِيُوم ٣٤١
سِيْلَاكُنْت - سَمَكَة ل ٢٣٤
السُّيْمَا (السُّلِيكَا وَالْمَغْنِيسِيُوم)
٢١٠
السِّيْمَا ٢٠٨
- شادوف أرخميدس ١٣١
شادويك - جيمس ٢٥
شَارْدُونِيَه - الكُونْت هِيلَار ١٠٧
شَارُون ٢٩٣
شاشات الحواسيب ١٧٣
شاطيء، ساحل (أُنْظَر شَوَاطِيء)
شالزر - جورج ٢٩٩
الشامبو ٩٥
شَبْتَال - جَان أَنْطَوَان ٨٩
الشبكات الخليوية في الهواتف
النقولة ١٦٣
الشبكات الغذائية ٣٧٧
شبكة توزيع الإمداد الكهربائي
١٦٠
الشبكة الهوائية الباطنة ٣٣٨
شَبْكِيَّة العَيْن ٢٠٤، ٢٠٥
شَيْبَة الظَّل ٢٠١
شَيْبَة المَوْصَلَات ٣٩، ١٤٩
الترانزستورات و ~ ١٦٩
الذَّارَاتِ المِتْكَامِلَة وَ ~ ١٧٠
الليازر و ~ ١٩٩
الشُّبُورَة ٢٦٠، ٢٦٣
الشُّبُوكَات ١٨
~ البُلُورِيَّة ٢٨، ٣٠
الشُّتَاء ٢١١
شِتَال - جورج ٦٤
شَجَر التَّنُوب (الشُّوَح) ٣١٧
الشَّجَر العَرِيضُ الوَرَق ٢٩٦
شَجَرَة مُنْصِلِ اللَّوْنِيَّة ٢٠٣
الشَّحُوم وَالصَّابُون وَالْمُنْظَفَات ٩٥
شَرَائِع ثَنَائِيَّة المَعْدِن ١٤١
الشَّرَاغِيْف ٣٢٨
الشَّرَانِق ٢٦٣
الشَّرَايِيْن ٣٤٩
الشَّرْشُورِيَّات ٣٠٩، ٣٣٣
شَرْم، وَإِ غَاطُس ٢٣٦
شَرِيْط سَمْعِي رَقْمِي ١٨٨
الشَّرِيْطَات ٣٢١
الشُّسْت ٢٢٤
الشُّطُوط ٢٢٢
شُعُ الشَّمْس ٢٤٢
شُعُ العَنَاكِب ٢٢٢
الشُّعَابُ المَرْجَانِيَّة ٢٢٣، ٢٢٤،
٢٨٧
شُعْبَة ٣١٠
الشُّعْر أَوِ الوَبَر ٣٥٤
الشُّعِيرَات ٣٤٩
الشُّغْل ١٢٨-٣٩
~ وَالطَّاقَة ١٣٢-٣٣
شُفَان - تِيُودُور ٣٢٨
الشُّفَرَات
~ الثَّنَائِيَّة ٤١١
شُفَرَاتِ الأَعْمَدَة التَّسْعِيرِيَّة
وَقَارِنَاتِهَا اللَّيْزَرِيَّة ١٩٩
شُفْرَة مُورَس ١٦٢، ٤١١
الشُّفُشَاف ٢٦٤، ٢٦٦
الشُّفُقُ الجَنُوبِي ٢١٣
الشُّفُقُ الشَّمَالِي ١٤٠، ١٥٤، ٢١٣
الشُّفُنِيْن ٣٢٦، ٣٥٣
شُفُوتِ الأَقْدَام ٣٢٢
الشُّقُ (الجَبُون) ٣٢٧
الشُّقَانِقُ البَحْرِيَّة ٣٢٠، ٣٨٥
تَكَاثُر ~ ~ ٣٦٦
السُّرطَانَاتِ النَّاسِكَة وَ ~ ٣٧٩
- شاتون - إدوار ٣٢٨

- ال ~ النووية ١٣٦-٣٧
قياس ال ~ ١٣٢
كفاية ال ~ ١٣٩
مصادر ال ~ ١٣٤-٣٥، ٤٠٩
طاقة التنشيط ٥٢
طاقة الحرارة الأرضية ١٣٤
طاقة الحركة ١٣٨، ١٣٣
طاقة كامنة، طاقة الوضع ١٣٣، ١٣٨
طاقة الكتلة الحيوية ١٣٤
الطاقة الكيماوية ١٣٨، ١٣٣
طاقة مُتجددة ١٣٤
الطاقة النووية ١١٣، ٣٧-١٣٦
~ ~ والإشعاعية ٢٧
~ ~ والتلوث ٢٧٣، ٢٨٣
~ ~ والتلوثات ١٣٦
طاليس الملطي ١٤٥
الطب ١٠٤-٥
~ الشرعي ٦٢
المنظار الداخلي في ~ ١٩٦
الطباشير
الآتية ~ ية ٢٣٢
الإسم الكيماوي لـ ~ ٥٣
تكوّن ~ ٣١٤
خصائص ~ ٢٣
~ في البنابيع الحارة ٣٥
الطباعة ٢٠٣، ٢٠٧
الطباعة الرباعية الألوان ٢٠٣
الطبّخ ٧٨
الطبّخ على ضغط مُرتفع ٢٠
طبقات الأرض ٢٢٦-٢٧
طبقة الأوزون ٢٤٨
ثقوب في ~ ~ ٤٦، ٥٧، ١١٢، ٣٧٥، ٣٨٣
وظيفة ~ ~ ٤٤
الطبول ١٨٧
الطحالب ٣١٦، ٤٢٠
تصنيف ~ ٤٢٠
تكاثر ~ ٣٦٧
~ والتلوث ٣٧٥
~ والتلج القرنفل اللون ٢٦٦
~ الزرقاء المخضرة ٣٠٧
طحالب الزئة ٣٨٣
طُرُح الألوان ٢٠٣
طُرُفة العين ٣٥٦
الطرنادات (الاعاصير الدوامية) ١١٤، ٢٥٩
الطُرُوقية ٢٣
طريقة صولفي ٩٤
طريقة فراش ٤٥
الطفرات الوراثية ٣٦٤
طُفرة المهق ٣٦٤
الطفّل (الصّلصال والطين) ٢٣٢
الترب الصلصالية ٢٢٨، ٢٣٢
تكوّن ~ ٢٢٣
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦
~ والطين النضيج ٨١
~ والفخاريات ١٠٩
~ الصيني ١٠٩
الطفو ١٢٩
طُفول الادغال (الغلاجو) ٣٣٦
الطفيليات ٣٧٩
ديان طفيلية ٣٢١
نباتات طفيلية ٣١٨
- الطقس ٢٤١، ٤١٧
أقواس قُزح و ~ ٢٦٩
البرق والرعد و ~ ٢٥٧
بيوت ~ ٢٥٢
التنبؤ بأحوال ~ ٢٧٠-٧١
التلج و ~ ٢٦٦
جبهات ~ ٢٥٣
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٦-١٧
خرائط ~ ٢٥٠، ٢٥٣، ٢٧٠، ٤١٦
درجة الحرارة و ~ ٢٥١
رصد الأحوال الجوية العالمية ٢٧١
رصد ~ ٢٧٢
الرياح و ~ ٢٥٤-٥٦
سوائل ~ ٣٠٠
شعّ الشمس و ~ ٢٤٢
الطرنادات و ~ ٢٥٩
~ والأعاصير ٢٥٨
~ والبرق ٢٦٧
~ والجو ٢٤٨-٤٩
~ والرطوبة ٢٥٢
~ والسحب ٢٦٠-٦٢
~ والصقيع والندى والجليد ٢٦٨
~ والضباب والشميرة والضخان ٢٦٣
~ والضغط الجوي ٢٥٠
الفصول و ~ ٢٤٣
قوى ~ ١١٤
المطر و ~ ٢٦٤-٦٥
أُنظر أيضًا المناخ
الطقسوس ٣١٧
ظلاء الأظافر ١٠٣
الظلاء الكهربائي ٦٧، ١٤٩
الطق (التك) ٢٢١
الطواحين الهوائية ١٣٣، ١٣٤، ٢٥٥
طوافي الرصد الجوي ٢٧١
الطوب ١٠٩
الطوقان ٣٩٤
الطول الموجي
~ ~ والألوان ٢٠٢
~ ~ للأمواج الصوتية ١٨٠
طول النهار ٢١١
طوشون - ج.ج. ٢٥، ٦٣
طوشون - وليم، (أُنظر كلّفن - اللورد)
طيات مُحدّبة ٢١٩
طيات مُقوّرة ٢١٩
طيار (أُنظر الطيران) ١١٩
طيار آلي ١١٩
الطيارات ٣٥٧
الطيران
السطوح الانسيابية الرافعة و ~ ١٢٨
الطيور و ~ ١٢٨، ٣٥٧
قوى ~ ١١٤
مركبات المحاكاة و ~ ١٧٥
طيران الطيور الانسيابي ٣٥٧
الطيف
~ الشمسي ٢٨٤
~ الضوئي ١٩٣، ٢٠٢
- ~ الكهرمغناطيسي ١٩٢، ٤١٢
طيف النجوم ٢٧٨
طيف الابتعاث الذري ٦٣
الطيور ٣٣٢-٣
أذمغة ~ ٣٦١
أعشاش ~ ٢٣٢
ألوان ~ ٢٨٠
إنسياب ~ فوق التيارات
الحرارية الصاعدة ٢٦٢
أنواع ~ المهذبة ٢٩٨
تصنيف ~ ٤٢١
تطور ~ ٢٢٧، ٣٠٨، ٣٠٩
تعايش ~ ٢٧٩
تكاثر ~ ٣٦٧
طيران ~ ١٢٨، ٢٥٧
~ على الشواطئ ٢٨٥
~ في الخواضر والمدن ٢٩٧
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤-٥
~ في المناطق الرطبة ٢٨٩
~ في المناطق القطبية ٢٨٢-٣
مَدَى أعمار ~ ٤٢٢
مُسْتَعْمَرَات ~ ٢٧٨
طُيور أبو الجن ٢٥٠
الطيور الأفغانية ٢٨٩
طُيور البخر ٢٨٥
الطيور الحياكة ٢٣٣
طُيور الحُرشة القطبية (الشمالية) ٢٨٢
الطيور الرفرفة ٢٢٢، ٢٨٨
الطيور الطنانة ٣٤٢
طُيور العرائش ٣٦١
طُيور الفزدوس ٣٩٥
طُيور الكيوي ٢٣٢
طُيور نقار الخشب ٣٩٦
- ظ
ظاهرة الانقلاب والضخان ٢٦٣
ظاهرة تيندال ٢٦٩
ظاهرة الدفئيات ٤٠، ٢٤٧، ٢٧٢
ظاهرة دوّبلر ١٨٠
الظاهرة الكهروضوئية ١٩١
الظباء ٣٩٣
ظباء الدقيق ٣٩٢
ظباء الشيفا ٣٩٣
الظربان ٣٩١
الظل، الظلال ٢٠١
سويداء ~ ٢٠١
شبه ~ ٢٠١
ظواهر وتأثيرات غير عادية في أنماط الطقس المتغيرة ٢٦٩
~ الأصوات الإلكترونية
والمؤثرات الخاصة ١٨٩
- ع
عائلة ليكي ٣٣٦
العاشبات
أسنان ~ ٣٣٤، ٣٤٤
إغذاء ~ ٣٤٢، ٣٤٣
عاكسات التيار ١٥٨
عباد الشمس ٧٢
عقائد الحواسيب ١٧٣، ١٧٤
العُث ٣٠٥
- عُث غبار المنازل ٢٥٤
العُث في النظام الثاني ١٧٢، ٤١١، ١٧٤
عُثادات جيجر ٢٧
عُثادات (مقاييس) السرعة ١١٨
العُثارية (الهيدرا) ٣٦٦
العُثد الذري ٢٤، ٣٢-٣
عُثسات ١٩٧
~ التلشكوبات ٢٩٧
~ الكاميرات ٢٠٦، ٢٠٨
~ النظارات ٢٠٤
عُثسات العنّين ٢٠٤، ٣٥٨
عُثسات فريزل ١٩٧
العُثسات اللاصقة ٢٠٤
العُثسات المُحدّبة ١٩٧، ٢٠٤
العُثسات المُقوّرة ١٩٧، ٢٠٤
العُثسات المُكبّرة ١٩٧، ١٩٨
عُرس، مُشيج ٣٦٤-٦٥، ٣٦٧
العُروض بالبلورات السائلة ٣٠، ١٤٠
العُزل الحراري لتقليل فقد الحرارة ١٤٢
العُشرة والتعايش ٣٧٩
العُضبونات ٢٤-٢٥، ٢٦٠-٦١
العُصر الأردوقي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩
عُصر الأوليجوسين ٢٢٩
العُصر الإيوسيني ٢٢٩
عُصر الباليوسين ٢٢٩
العُصر البرمي ٢٢٧، ٢٢٩
عُصر البليستوسين ٢٢٩
عُصر البليوسين ٢٢٩
العُصر الثالث ٢٢٧، ٢٢٨
العُصر الثلاثي ٢٢٧، ٢٢٩
«العصر الجليدي الصغير» ٢٤٢، ٢٤٦
العصر الجوراسي ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩
عُصر الحياة العتيقة ٢٢٧، ٢٢٩
العصر الديفوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩
العُصر الرابع ٢٢٧
العُصر السيلوري ٢٢٧، ٢٢٩
العُصر الطباشيري ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٩
العُصر الكربوني ٢٢٧، ٢٢٩، ٢٣٨
العُصر الكمبري ٢٢٧، ٢٢٩
عُصر الميوسين ٢٢٩
العُصور الجليدية ٢٢٧
~ ~ والشواطئ المُرتفعة ٢٢٧
~ ~ والمناخ ٢٢٨-٢٩
~ ~ والمناخات المتغيرة ٢٤٦
العُضلات ٣٥٥
~ والتنفس الخلوي ٢٤٦
~ والتنقل ٣٥٦
~ والطاقة ١٣٢، ١٣٣
~ والكهرباء ١٥١
عُضو جاكوبسون ٣٥٩
عُضيات ٣١٤، ٢٣٨-٢٩
عُطارِد ٢٨٦
احصائيات عن ~ ٤١٨
حُفر ~ ٢٨٦
السوابر الفضائية إلى ~ ٣٠١
- نشأة ~ ٢٨٣
الغطالة ١٢٠، ١٢٥
العُطريات ٤١
العظام
الأحافير العظمية ٢٢٥
~ والروايات الشعبية عن
الطقس ٢٧٢
كالسيوم ~ ٢٥، ٤٣
أُنظر أيضًا الهياكل الداعمة
الغضائية ٢٣٠، ٢٥٠
عُفن البطاطس ٣١٥
العقارب ٣٢٢، ٣٩١
العقاقير ١٠٤-٥
العُقبان ٣٩٤
العُقد الموجية والتوافقيات ١٨٦
العلاجيم ٣٢٨، ٣٩١
~ في الصحاري ٣٩١
~ كآفات ٣٩٩
علاجيم القصب ٣٩٩
العلامات التياراتية
~ ~ الجيولوجية ٢٢٦
علامات الطقس في التراث الشعبي ٢٧٢
العُلق ٣٢١، ٣٨٨
عُلم الارصاد الجوية (أُنظر الطقس)
عُلم الحياة أُنظر الحيوانات؛
والكائنات الحية؛ والنباتات
عُلم الصُخور ٢٠٩
عُلم الفلك ٢٧٣، ٢٧٤، ٢٩٦
~ ~ الراديوي ٢٩٧، ٢٩٨
أُنظر أيضًا الفضاء؛ والنجوم؛
والكُون
عُلم الكونيات ٢٧٤
عُلم المناخ الشجري ٢٤٦
عُلم وصف طبقات الأرض ٢٢٦-٢٧
٢٧
عُنى الألوان ٢٠٥
عُثر النصف والإشعاعية ٢٦
عملية باير ٨٧
عملية الوزن ٦٢، ١٢٤
عمود قولتا ١٥٠
العناصر ٣١
~ والجدول الدوري ٢٢-٣٣، ٤٠٢-٣
~ والمركبات والمزيجات ٥٨-٥٩
العناصر النّزرة ٧٧
العناكب الوهقية ٣٢٢
العُكَبوتيات ٣٢٢، ٤٢١
العُكَبيات
إبصار ~ ٣٥٩
أشعاع ~ ٣٢٢، ٣٩٧
تطور ~ ٣٠٩
الهضم في ~ ٣٤٥
العوازل
~ وخصائص المادة ٢٢، ٢٣
~ الكهربائية ١٤٨
العواصف
السحب المنيرة بـ ~ ٢٤٩
~ والبرق والرعد ٢٥٧
~ الدوامية المدارية ٢٥٨
~ والرياح ٢٥٦
~ والطرنداد ٢٥٩
~ ونار القديس إلمو ٢٦٩

فليمينغ - السير الكسندر ١٠٥
٣١٥
الفهود ٣٩٢، ٣٥٦
فوبوس ٢٨٩
الفوتوشفير ٢٨٤
الفوتونات، الكمات الضوئية ٢٤
~ والليزر ١٩٩
~ ونظرية الكم ١٩١
فوكس تالبوت - ولیم ٢٠٧
الفولان، الصلب ٢٢، ٨١
الحديد و ~ ٨٥-٨٤
غلقنة ~ ٦٦
محتوى ~ من الكربون ٨٨
المغانط الفولاذية ١٤٥، ١٥٥
قولتا - إلساندرو ١٥٠
الفولفوكس ٣١٦
الفونوغرافات، الحاكيات ١٨٨
الفيثامينات ٧٩، ٣٤٢، ٤٢٣
فيثاغورس ١٨٧
الفيروسات (الكمات) ٣١٢
فيروسات الإيدز ٣١٢
الفيرومونات ٣٥١، ٣٥٩
فيزاليوس - أندرياس ٣٢٧
فيزو-إيبوليت ١٩١
الفيضانات ٢٢٣، ٢٤٧، ٢٦٤
فيل البحر، الفظ ٣٨٢
الغليبين ٢٤٧
الغينولفثالين ٧٢
الغیوردات الترويجية ٢٣٦

ق

القار ٩٨
قار الفحم ٩٦
القارئات الليزرية في المتاجر
الكبرى ١٩٩
القارئات
تكون ~ ٢١٠
تكونيات الكتل الصفائحية
٢١٤-١٥
نشوء الجبال ٢١٨
القارة القطبية الجنوبية
الانجراف القاري في ~ ~ ~
٢١٥
بيئات ~ ~ ~ ٣٨٢
جليد ~ ~ ~ ٢٤٦، ٢٢٩
درجات الحرارة في ~ ~ ~
٢٥١
الرياح في ~ ~ ~ ٢٥٥
طبقة الأوزون فوق ~ ~ ~
٣٨٣، ٣٧٥
القارة القطبية الشمالية ٣٧٥،
٣٨٢
القارورة الخوائية ١٤٢
(قارورة) الصاروخ ١٤٣
قاعدة برنولي ١٢٨
قاعدة بيشكال ١٢٨
قاعدة اليد اليسرى لفليمينغ ١٥٨
قاعدة اليد اليمنى لفليمينغ ١٥٩
القائم ٣٨٠
قانون أرخميدس ١٢٩
قانون أفوجادرو ٥١، ٤٠٤
قانون أوم ١٥٢
قانون بويل ٥١، ٤٠٤

~ وعلم الفلك ٢٩٦
~ والنظام الشمسي ٢٨٢
الكواكب في ~ ٢٨٦-٩٣
الكون و ~ ٢٧٤-٧٥
كويكبات ~ ٢٩٤
المجرات في ~ ٢٧٦-٧٧
المذنبات في ~ ٢٩٥
النجوم في ~ ٢٧٨-٨٢
النيازك في ~ ٢٩٥
الفاكس، الناسوخ ١٦٣
الفضة ٣٦، ٢٧
تفاعلية ~ ٦٦، ٤٠٥
~ كمثج ثانوي في النحاس ٨٦
هاليدات ~ ٤٦
الفضلات ٣٧٦
إفراغ ~ ٣٥٠
الفطر العسلي ٢٩٦
الفطر الغاريقونية ٣١٥
الفطريات ٣١٥
اغذاء ~ ٣٤٢
تصنيف ~ ٣١١، ٤٢٠
~ والغابات المطيرة ٢٩٤
مدى أعمار ~ ٤٢٢
الفظ (فيل البحر) ٢٨٢
الفعالية، الكفافية ١٣٠، ١٣٩
الفقاريات ٢٢٦-٣٦
أنظر أيضا الحيوانات؛ والجسم
البشري
تصنيف ~ ٤٢١
عضلات ~ ٣٥٥
هياكل ~ الداعمة ٣٥٣
الفقاع ١٢٨، ٢٠٢
فقد الحرارة ١٤٢
فقد الذئب ٣١٥
الفقمات ٣٩٩
الفقمات الزاهية ٣٩٩
الفكان ٣٤٤
الفليزات ٢٢، ٢٣
أشباه ~ ٣٩
تاريخ ~ ٦٦
الترايط الفلزي ٢٨، ٢٩
تمدد ~ ١٤١
خصائص ~ ٢٢، ٢٣
سباتك ~ ٥٩، ٨٨
سلسلة التفاعلية ل ~ ٦٦
طلاء ~ بالكهرباء ٦٧
~ واختبارات للهيب ٦٣
~ في الجدول الدوري ٣٣
~ الوضعية ٣٨
~ القلوئية ٣٢، ٣٤
موصلية ~ ٢٩، ١٤٢
فلزات الأتربة القلوئية ٣٥
الفليزات الإنثقالية ٣٦
فلزات خزفية ١١١
أنظر أيضا كل فلز بمفرده
الفلسفار ٢٢١، ٢٣١
الفلط ١٥٠
الفلطمرات ١٥٢
الفلطية الكهربائية ١٦٠
فلقة (ورقة البررة) ٣١٨، ٣٦٢
الفلوجستون (اللاهوب) ٦٤
فلوري - هوارد ١٠٥
الفلوريت ٤٦، ٧٣، ٢٢١
الفلوريدات ٤٦

(الفاعلية) الإشعاعية ٢٦-٢٧
الأزمة الجيولوجية و ~ ٢٢٧
أشعة جاما و ~ ١٩٢
الإضمحلال الإشعاعي ٤٠٣
الطاقة النووية و ~ ١٣٦
~ والتلوث الإشعاعي ٢٧٢،
٣٨٣
الفاكهة - اسمرار ~ ٧٩
قايين - فريديك ٢١٤
فتائل الصمجات ١٦١، ١٩٣
فتحات الكاميرات ٢٠٦
فترات الخلل ٤٢٢
فترة الذبذبات (الاهتزازات) ١٢٦
الفجوج ٢٣١
الفحم ٢٣٨
استعمالات ~ ٤٠٧
تعدين ~ ٢٣٨
تكون ~ ٢٢٣، ٢٢٥
الضخان و ~ ٢٦٣
~ والجيولوجية التاريخية ٢٢٦
~ والكربون ٤٠
~ والمتفجرات ٥٥
محطات القدرة العاملة ب ~
١٣٥
مخزون ~ ١٣٥
منتجات ~ ٩٦
فحم بتيوميني ٢٢٨
الفحم النباتي ٤٠
الفخار ١٠٩
الفخاريات ٨١
الفراش
أساربع ~ ٣٦٣
تمويه ~ ٣٨٠
الحفاظ على ~ ٤٠٠
فراش الخلنج البرتقالية الرقطاء
٤٠٠
فراش الرزد ٣٨٩
فرانكلين - بنجامين ١٤٧
فرانكلين - رورالند ٣٦٤
فريجونو المخرن الكهربائي ١٥٨
فريط المغذيات ٣٧٣
فريقعات السوط ١٧٩
فرمي - أنريكو ١٣٧
فرنهيت - غريال دانال ١٤٠
الفرو - تجارة ~ ٣٩٩
الفريز (توت الأرض) ٣٦٦
فريزل - أوغسطين ١٩٧
فستاندن - ريجنلد ١٦٤
الفسفاتات ٤٣
الفسفترات التلغريونية ١٦٧
الفسفور ٣٣، ٤٣
الفسكاشات (المنجحة) ٣٩٣
فصل المزيجات ٦١
الفصول ٢١١، ٢٤٣
الفضاء ٢٧٣
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢
الإنسان في ~ ٣٠٢-٣
التلوكوبات في ~ ٢٩٨
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٨-١٩
١٩
السوائل الفضائية ٣٠٠
الشمس و ~ ٢٨٤-٨٥
الصواريخ الفضائية ٢٩٩
الصوت والضوء في ~ ١٧٧

~ ~ والمقرب ٢٧٢، ٢٩٧
~ ~ ونظرية الحركة ١٢٠
غبار الطلع ٣١٨-١٩
غشاء ٧٥، ٩٥
الغدة الدرقية ٣٥١
الغدة النخامية ٣٥١، ٣٦١
الغدد الصم والهرمونات ٣٥١
الغذاء المنظم ٣٤٢
أنظر أيضا الاغذية
الغراء ١٠٦
الغرافيت ٤٠
الغرانيت ٢٢١
تجوية ~ ٢٣١
تكون ~ ٢٢٢
~ ونشوء الجبال ٢١٨
غرف لا صدوية ١٨٤
غروب الشمس، المغيب ٢٦٩
الغريزة ٣٦١
الغزلان ٣٤٣، ٣٩٢
الغضروف ٣٥٣
غطاء الشكولا ٣٩٠
الغطاسات المتوجة ٣٦٧
غل مان - موري ٢٥
الغلاف الحيوي ٣٧٠-١
دورات في ~ ~ ٣٧٢-٣
الغلاف الجوي الخارجي
(الإكسوسفير) ٢٤٨
الغلاف الحراري (الترموسفير)
٢٤٨، ٢٩٨
الغلاف السفلي (التروپوسفير)
٢٤٨-٤٩
شعب ~ ~ ٢٦١
~ ~ والإشعاعات تحت الحمراء
٢٩٨
الغلاف الصخري ٢١٢، ٢١٤
الغلاف الطبقي (الستراتوسفير)
٢٤٨
الغلاف اللوني ٢٨٤
الغلاف المائع ٢١٤
الغلاف المتوسط (الميزوسفير)
٢٤٨، ٢٩٨
الغلاف المغنطيسي ٢١٣
غلغاني - لويجي ٣٥٥
غلقنة ٦٦
الغلوكاجون ٣٥١
الغلوكوز
صيغة ~ الكيماوية ٧٩
~ والتخليق الضوئي ٣٤٠
~ والتنفس الخلوي ٣٤٦
~ في الكبد ٧٦، ٧٧
هضم ~ ٣٤٥
الغواصات ١٢٧، ١٢٩
الغواصون وضغط الماء ١٢٧
غودارد - روبرت ١٤٤، ٢٩٩
الغوص ١٢٩

ف

الفائدة الآلية ١٣١
فابر - جان هنري ٣٢٣
فارادي - مايكل ٦٧، ١٥٩
الفيران ٣٠٦، ٣٤٥
الفيران البحرية ٣٢١
فارة الحاسوب ١٧٣

الغواص ٣٠٦، ٣٧٥، ٣٨٦
العوز - أمراض ~ ٣٤٢
الغوسق ٣٢٣
عيد الميلاد - الطقس في ~ ~
٢٤٣
عبدان الثقاب ٤٣، ٥٢
عيري - ج.ب. ٢١٨
العنجان ٢٠٤
جراحة العين ١٥٧
~ والإبصار ٢٠٤-٥، ٢٥٨،
٥٩
~ والطرف ٣٥٦
~ والعدسات ١٩٧
نباييت شبكية العين ٣٢٨
العيون المركبة ٢٠٥

غ

الغابات
~ وتكون الفحم ٢٣٨
~ الصنوبرية ٢٨٤
~ النفضية ٢٨٤
الغابات المطيرة
بيئات ~ ~ ٣٧١، ٣٩٤-٩٥
الرطوبة في ~ ~ ٢٥٢
مناخ ~ ~ ٢٤٤
الغابات المطيرة المدارية ٣٩٤-
٩٥
غابات المناطق المعتدلة ٣٧١،
٣٩٦
غاريقون الذباب ٣١٥
الغاز ٢٣٩
استخدامات ~ ٤٠٧
غاز الفحم ٩٦
مخزون ~ ١٣٥
منتجات ~ ٩٧
الغاز الطبيعي ٩٧، ٢٣٩
الغازات ١٨-١٩
إختبارات تعرف ~ ٤٠٤
الاستشراب الغازي ٦٢
انتقال الحرارة في ~ ١٤٢
تجميع ~ ٤٠٤
تفاعلات ~ ٤٠٤
تمدد ~ ١٤١
سرعة الصوت في ~ ١٧٩
شوك ~ ٥١
ضغط ~ ١٢٧
~ وتغيرات الحالة ٢٠
~ والضوء الملون ١٩٣
~ المضغوطة ١٩
~ النبيلة ٤٨
~ والنجوم ٢٧٨، ٢٨٠
~ والنظرية الحركية ٥٠
القوى في ~ ١٢٨
كثافة ~ ٢٢
محاليل ~ ٦٠
الغازولين ٩٨
غازارين - يوري ٣٠٢
الغاق الشاغي ٣٨٥
غاليليو غاليلي ١٢٧
~ ~ ورقاص (بندول) الساعة
١٢٦
~ ~ ومراقبة الكواكب ٢٨٦،
٢٩٠، ٢٩١

- قانون جريام "جراهام" في إنتشار الغازات ٤٠٤
قانون جي لوساك ٥١، ٤٠٤
قانون سيل ٤١٣
قانون شارل ٥١، ٤٠٤
قانون الغاز المثالي ٤٠٤
قانون قبل ٢٧٤
قانون هوك ١٢٣
قَتامين، ميلانين ٣٥٤
القحف، الجُمجمة ٣٥٣، ٣٢٦
القُدْر: قياس نُصوع النُجوم ٢٨٢
القُدْرَة، الشُّغل ١٣٣
القُدْرَة البُخاريَّة ٢١
تربيئات ~ ~ ١٤٤
مُحرَّكات ~ ~ ١٤٣، ١٣٣
مَحَطَّات ~ ~ ١٦٠
القُدْرَة الشمسيَّة ١٣٥
~ ~ والخلايا الفلطاينة
الضوئيَّة ١٣٤
~ ~ والسَّوَابِل ١١٥
~ ~ ومَحَطَّات القُدْرَة ١٩٠
القُدْرَة الكهربائيَّة ١٣٤، ٢٢٣
القُدْرَة الكهربائيَّة ١٣٤، ٢٢٣
أُنظَر أيضًا الطاقة
الْفَراد ٣٢٢
الْقِرْدَة العواء ١٨٢
الْقِرْدَة الكَلْبِيَّة ٣٢٦
الْقِرْش
خراشف ~ ٣٥٤
~ وسَمَك الرُّيمورا ٣٧٩
هيكل ~ ٣٥٣، ٣٢٦
قرنا الإسِسْشعار ٣٥٩، ٣٥٨
الْقِرْنِيَّة ٢٠٤
الْقُرود ٣٢٦
(أُنظَر أيضًا القِرْدَة)
قُرْبِدس ٣٧٥
الْقُرْجِيَّة (في العين) ٢٠٤
القِشْرَة الارضيَّة ٢١٠، ٢١٢، ٢١٤
القِشْرَة القاريَّة ٢١٠
القِشْرَة المُحيطيَّة ٢١٠
القِشْرِيَّات ٣٢٢، ٣٤٨، ٤٢١
قُشْعِريرة ٣٥٠
قُشُور، مَحار، دُبُل
دُبُل السِّلَاحف ٣٣١
قُشُور البيض ٣٣٢، ٣٣٣
مَحار الرُّخويَّات ٣٢٤، ٣٥٢
القُصافَة ٢٣
القُصْدِير
أُشابات (سباتك) ~ ٣٨
~ والرُّجاج المَعُوم ١١٠
~ في الجُدُول الدَّوري ٢٣
قِصْر البَصَر (الخسر) ٢٠٤
القُصُور الدَّائِي (العطالة) ١٢٠، ١٢٥
القُصاعَمات (ثعالب الماء) ٣٨٨، ٤٠٠
القُضبان المِغْنطيسيَّة ١٥٤
القُضْصَة (الرَّصيص) ٢٢٣
القُطَّارات
~ والقاطرات البُخاريَّة ١٤٣
~ الكهربائيَّة ١٤٨، ١٥٨
قطارات التوسيد المِغْنطيسي ١٥٦
القُطْب الجنوبي للأرض
- بيئيات ~ ~ ٣٨٢
دَرَجات الحرارة في ~ ~ ~
٢٥١
الفُصول في ~ ~ ~ ٢١١
المُجال المِغْنطيسي لـ ~ ~ ~
٢١٣
القُطْب الجنوبي للمِغْنطيس ١٥٤، ١٥٥
القُطْب الشَّمالي
بيئيات ~ ~ ٣٨٢
دَرَجات الحرارة في ~ ~ ~ ٢٥١
فُصول ~ ~ ~ ٢١١
مَجال ~ ~ المِغْنطيسي ٢١٢
القُطْط
جُلود ~ ٣٩٩
خَواص ~ ٣٥٨
الوراثيات في ~ ٣٦٥
القُطْن ١٠٧
قُفُوف الجِلْد (قُشْعِريرة) ٣٥٠
القلابيس الجليديَّة ٢٢٨-٢٢٩
~ ~ والثلج ٢٦٦
~ ~ على المَرِيخ ٢٨٩
~ ~ في العصر الجليدي ٢٤٦
الْقَلْب ٣٤٩، ٣٥٥
الْقَلُوبِيَّات ٧٠-٧١
صناعة ~ ٩٤
قياس القَلُوبِيَّة ٧٢
القَمَر (قَمَر الأرض) ١٩٤، ٢٨٨
أوجه ~ ٢٨٨
جاذبيَّة ~ ١٢٢
خُسوف ~ ٢٠١، ٢٨٥
خُفر ~ ٢٨٧
رُؤاد ~ ٧٤، ٢٩٩، ٣٠٢
السَّوَابِر الفُضائيَّة إلى ~ ٢٨٨، ٣٠١
~ وعِلْم الفَلَك القديم ٢٩٦
المَدَّ والجَزَر وجاذبيَّة ~ ٢٣٥
هالات ~ ٢٦٠، ٢٦٩
وقاد ~ ٢٧٣
القَمَرَة المُظلمة ٢٠٦
القِمْعِيَّات ٣١٩، ٣٨٠
القُمْل ٣٢٢، ٣٥٤
القنابل الذريَّة ١٢٧
القنابل النوويَّة ١٢٧
قَناديلُ البَحْر ٣٢٠، ٣٢٥، ٣٦٣، ٣٨٥
قناطر رُؤوس البَر ٢٣٦
القَنَاجِر ٣٣٥
قنافذ البَحْر ٣٢٥
قِنُوقُ غَلْبة المُجُوهرات ٢٧٩
قِنُوقُ نجمي ٢٨٠
القَوَابِس الكهربائيَّة ١٦١
القوارر
أسنان ~ ٣٢٤، ٣٤٤
تغذية ~ ٣٤٢
القوارير الرُّجَاجِيَّة ١١٠
القواطع (الأسنان الأماميَّة) ٣٤٤
القواعد ٧٠-٧٣، ٧٣
القواقيع ٣٢٤
تُصْنِيف ~ ٣١٠
حركة ~ ٣٥٦
الدَّورَة الدمويَّة في ~ ٣٤٩
قَوَاقِع شاطِئِيَّة (پِرِيُونكل) ٣٨٥
القوانص ٣٣٢
- القُوَّة الجاذبة ١٢٥
قُوَّة دافعة كهربائيَّة (ق.د.ك.)
١٥٠-٥١
قُوَّة دَفْع الطائِرة إلى الأمام ١١٤
القُوَّة القويَّة والواحدة ١١٥
القُوَّة الكَهْرُواحدة ١١٥
قُوَّة مُضَخَّمة ١٣١، ١٣٠
القُوَّة النَّابِذَة ١٢٥، ٢١١
قَوس قُزَح ٢٠٢، ٢٦٩
قَوَعةُ الأذن الداخليَّة ١٨٢، ٣٥٨
القَوَى ١١٣
جَمْع ~ ومُحَصَّلَاتُهَا ١١٦
حقائق ومعلومات عن ~ ٤٠٨-٩
قُوَى الاحتكاك ١٢١
قُوَى الاهتزازات ١٢٦
~ والتسارع ١١٩
قُوَى الجاذبيَّة ١٢٢
~ والحركة ١٢٠
~ والحركة الدائريَّة ١٢٥
~ والسرعة ١١٨
~ والشغل ١٢٢
قُوَى الضغط ١٢٧
قُوَى الطفو والغوص ١٢٩
قُوَى المكنات ١٣٠-٢١
قياس ~ ١٢٣
قُوَى التَّلَامُس ١١٥
قُوَى الدَّوران والتدوير ١٢٤
القَوَى في الموانع ١٢٨
قُوَى اللاتلامُس ١١٥
القَوَى المُتَوَازِنة ١١٧
القَوَى النَّوَوِيَّة ١١٥
قياس ~
~ الصَّوت ١٨٠
~ القَوَى ١٢٣
القياسات الإمبراطوريَّة ٤٠٩
القياسات المِثْرِيَّة ٤٠٩
ك
- الكائنات الحيَّة ٣٠٥-٣٢٧
تصنيف ~ ~ ٣١٠-١١١
٤٢٠-٢١١
تطوُّر ~ ~ ٣٠٨-٩
حقائق ومعلومات عن ~ ~
٤٢٠-٢٣٢
~ ~ ~ كيف تعمل ٢٢٧-٦٨
الكابثول وحديد الصُّب ٨٤
الكابيات ٣٩٣
الكاتدرائيَّات والدعائم الرَّافِرة ١١٧
كاتدرائيَّة لُمان ١١٧
كاتود (مُهَبَط) ١٦٨، ١٦٧
الكاشف العام ٧٢
كافندش - هِنري ٤٧، ١٢٣
الكالسيوم ٣٥
تفاعليَّة ~ ٤٠٥
~ في الجدول الدوري ٣٢
كاليسنُو ٢٩٠
الكاميرات
~ التلفزيونيَّة ١٦٦، ١٧٧
~ السينمائيَّة ١٧٧، ٢٠٨
~ الفوتوغرافيَّة ٢٠٦
كائن - أني جَمُث ٢٧٨
- الكَاُولِين (الطُّفَل الصيني) ١٠٩، ٤٠٧
الكَبِد ٧٦-٧٧، ٣٢٦، ٣٥٠
الكَبِدِيَّات ٣١٦، ٤٢٠
الكَبْرِيَّت ٤٥
استخدامات ~ ٤٠٧
~ في الجُدُول الدوري ٣٢، ٣٣
مُرَكَّبَات ~ ٥٨
كبريتات الباريوم ٣٥
كبريتات النحاس ٧٣، ٧٥، ٨٦
كِبَلر - يُوهاَنَس ٢٩٦
الكَبُول
الإثداد الكهربائي ~ ١٦٠
كَبُول الألياف البصريَّة ١٦٢، ١٧٧
١٧٧
كُتْل صَخْرِيَّة ضالَّة ٢٢٨
الكُتْلَة ٢٢
الطاقة ~ ١٣٦
~ والوَرْن ١٢٢
الكثافة
~ والطفو والغوص ١٢٩
~ والمادَّة ٢٢
كُتْبَان رَاسِيَّة وَذَلِيلِيَّة ٢٢١
الكُتْبَان الرُّمْلِيَّة ٢٢١، ٢٣٧
كُتْبَان طولانيَّة (سيفيَّة) ٢٣١
كُتْبَان هِلاليَّة (بَرخان) ٢٣١
الكحول
الإخْتِمَار الكُحولي ٨٠، ٩٣
~ ومُحَلَّلَات النُّفْس ٦٥
الكُرَات والحركة ١١٩، ١٢٠
الكُرَيْتون ٤٨
كربس - هانز ٣٤٦
الكربون ٤٠
التاريخ بـ ~ المُشِع ٢٧
دورة ~ ٤١، ٣٧٢
نُزَات ~ ٢٤
~ والسبائك الفلزيَّة ٨٨
~ والفَحْم ٢٢٨
~ في الألكانات والألكينات ٤٠٦
~ في الجدول الدوري ٣٣
~ في الحديد والفلولان ٨٤-٨٥
~ في الكائنات الحيَّة ٣٠٥
~ والكيمياء العضويَّة ٤١
~ والنَّفْط ٩٨-٩٩
كربون الفلور الكلوريني ٣٧٥
استعمالات ~ ~ ~ ٤٦
~ ~ ~ وتدمير الأوزون ٥٧، ١١٢، ٣٧٥
الكربونات ٦٩
كُرْيُونات الصوديوم ٩٤، ١١٠، ٤٠٦
كربونات الكالسيوم
إستعمالات ~ ٧٠
~ في الرُّجَاج ١١٠
~ في الماء العسر ٧٥
~ في الهياكل الداعمة ٣٥٢
الكربوهدراتات ٧٩، ٣٤٢، ٣٤٥
كربيد التنجستن ٨٨
الكَرْفُس ٣٤١
كرك - فرنسيس ٣٦٤
الكُرْكُدُنات ٣٩٣
الكُرْكُدُنات ٣٢٢، ٣٤٨
الكُرْمَلَات ٧٩
كُرُول - جيفس ٢٤٦
- كروموسومات (أُنظَر صبغيات)
كُرْيَات الدَّم البيضاء ٣٤٨، ٣٥١
كريكاليف - سيرجي ٣٠٣
الكرْيوزوت ٩٦
الكِسَاء الريشي ٣٣٢
الكِسْف الثلجيَّة ٧٥، ٢٦٦
الكُشُوف والخُسُوف ٢٠١، ٢٨٥
الكُشُوت، خانيق الكِرْسَنَة ٣٧٩
الكُظِيمة (القارورة الخواثيَّة) ١٤٢
الكُفَايَة (أو الفعاليَّة) ١٣٠، ١٣٩
الكِفْلار - ألياف ~ ١٠١
كُكْريل - كريستوفر ١٢١
الكلاب
أسنان ~ ٣٢٤، ٣٤٤
خَواص ~ ٣٥٨، ٣٥٩
السمع عند ~ ١٨٣
~ والبراغيت ٣٧٩
كِلاب المَرُوج ٣٩٣
الكلام ١٨٢، ١٨٣
الكَلْب ٣١٦
كَلْب البَحْر ٣٢٦، ٣٥٧
الكَلْب الهَلْبِيَّة ٣٥٨
الكَلْسِيَّت ٢٢١، ٢٢١
كَلْفَن - اللورد ١٢٨
الكلكوپيريت ٨٦
الكلور
تعيم الماء بـ ~ ٤٦
~ وصناعة القَلُوبِيَّات ٩٤
~ في الجدول الدوري ٣٣
~ وقانون أفوجادرو ٥١
كلوريد البوليقيانيل ٩٩، ١٠٠، ٤٠٦
كلوريد الفايئل ١٠٠
أُنظَر أيضًا كربون الفلور
الكلوريني
الكلوروفيل ٣٥، ٣٦
الكلتيان ٧٧، ٣٥٠
الكَم ٢٤
نظريَّة ~ ٢٤، ١٩٠، ١٩١
الكَمَّات الضوئيَّة، الفوتونات ٢٤
كَمُّ الرِّيح ٢٥٤
كَمَّادات مُبَرَّدَة ٥٢
كَمِيَّات مُنْجَحة ١١٦
كَمِّيَّة التَحَرُّك ١٢٠
الكنداريَّات ٢٢٠، ٤٢١
الكهرباء ١١٣، ١١٥، ١٤٥
الإمداد الكهربائي ١٦٠
التيار الكهربائي ١٤٨-٤٩
حقائق ومعلومات عن ~ ٤١٠-١١
الدَّارات الكهربائيَّة ١٥٢-٥٣
الرُّمُوز الكهربائيَّة ٤١١
الطاقة الكهربائيَّة ١٣٣
القدرة الكهربائيَّة ١٣٤، ٢٣٣
~ والإتصالات البُعاديَّة ١٦٢-١٦٣
٦٣
~ الاجهاديَّة ١٢٦
~ وَالْبَرْق ٢٥٧
~ والتفاعلات الكيماويَّة ٥٢
~ وحواس الأسماك ٣٥٩
~ وخُطوط النَقْل ٣٨
~ والخلايا والبطاريَّات ١٥٠-٥١
~ وشبُه المُوصَّلات ١٤٩

الليزر ١٩٠
~ الدايودي ٢٩
القارات الليزرية ١٩٩
ليكي - لويس وماري ٢٣٦
لينوار - إتيان ١٤٤
لينثوس ٣١٠
ليونوف - ألكسي ٢٩٩
ليونيتهوك - أنطوني فان ١٩٧
٣٦٦
الليغيات العضلية ٣٥٥

~ والكهرمغنطيسية ١٦٤، ١٩٢، ١٩٤
مانعات الصواعق ١٤٧
ميوتات الأزل ٣٩٦، ٣٢٢
تصنيف ~ ~ ٤٢١
الهياكل الخارجية ل ~ ~ ٣٥٢
مايتر - لين ١٢٧
مايلر - شتاني ٣٠٧
المنباني

إمداد ~ بالكهرباء ١٦١
جبارة ~ ٢٢٣
الطاقة في ~ ١٣٥
الطقس و ~ ٢٤٥
عزل ~ ١٤٢
الفطريات في ~ ٣١٥
مانعات الصواعق في ~ ١٤٧
~ والزلازل ٢٢٠
مبدأ لوشاتيليه ٥٤
مبدلات (عاكسات) التيار ١٥٨
مبيدات ١٤١
مبيد الآفات ٩١
مبيدات الأعشاب ٩١، ٢٧٣
مبيدات الحشرات ٩١، ٣٢٣، ٣٧٧
مبيدات الفطر ٩١
المبيض

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

~ في الجسم البشري ٣٦٨
~ في الزهرة ٣١٩
المنانة ٢٢
المنجذبات العظمى ٢٧٣، ٢٨١
متنصالب المنقار ٣٩٦
متنعضيات ٣٠٥
المتعضيات الوحيدة الخلية ٣١٤
متنقدرات ٣٢٨، ٣٤٦
متلازمة الغوز المناعي المكتسب ٣١٢

اللبنونات ٣٣٤-٣٥
أسنان ~ ٢٤٤
أنظر أيضًا الجسم البشري
تصنيف ~ ٤٢١
تطور ~ ٣٠٨، ٢٢٧
حليب أو لبن ~ ٣٦٨
الرئيسيات من ~ ٣٣٦
شعر أو وبر ~ ٣٥٤
فترات حمل ~ ٤٢٢
مدى أعمار ~ ٤٢٢
معدلات الاستقلاب في ~ ٤٢٢
اللبنونات الجرابية ~ ٤٢١، ٣٣٥
اللبنونات المشيمية ~ ٤٢١، ٣٣٤
اللجأ ٣٣١
اللجنيت ٢٣٨
لجنين، خشبين ١٠٨، ٣٥٢
اللدائن ٨١
خصائص ~ ٢٢
صنع ~ ٩٩
~ المعززة بالزجاج ١١١
~ من الإيثين ٩٧
المكثورات اللدائنية ٤١، ١٠٠-١٠١
اللدائن الحرارية (المُنصهرة بالحرارة) ١٠٠، ١٠٦
اللدائن الصلدة الثابتة حراريًا ١٠٠
اللدائن المشككة بالبتق ١٠١
اللدونة ٢٣
لزوجة السوائل ١٩
اللسان ٣٥٩
لسان ساحلي رملي ٢٣٧
لشتر - جوزيف ١٠٥
اللقاب ٧٦، ٣٥٩
لغية الكرات والمسامير ١٧١
لقفوك - جيمس ٣٧٠
لقاح، غبار الطلع ٣١٨-١٩
لقلانثيه - جورج ١٥٠
اللمس ٣٥٨
اللمف - الجملة اللمفية ٣٥١
اللثانيدات ٢٧
لنفور ٢٨٤
اللواجم

أسنان ~ ٢٤٤
إغذاء ~ ٣٤٢، ٣٤٣
اللواميس ٢٨٣
لوحات مفاتيح الحواسيب ١٧٣
١٧٤
لوزاسيا ٢١٥
لوزنت - أوغست ٦٩
لورنتز - هينريك ١٩٤
لوشاتيليه - هنري ٥٤
اللوكميا ١٠٥
لوثير - الأخوان ~ ٢٠٨
اللون (أنظر الألوان)
لويحات مفاتيح الحاسبات ١٧٢
لويل - برسفال ٢٨٩
الليازر ١٩٠، ١٩٩
الأطوال الموجية ل ~ ٢٠٢
إنكسار ~ ١٩٦
~ الدايودية ٣٩
معازف الأسطوانات المدجة و ~ ١٨٨

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

الليامير ٣٣٦
ليثويس أوكامبي ٣٠٥
الليثيوم ٦٣، ٣٤

كوري - بيبير ٢٦
كوري - ماري ٢٦، ٣٥
الكوازارات (الكوازر) ٢٧٦
كوشنو - جاك إيف ٣٨٧
الكوك ٨٤، ٩٦
الكوكب العاشر ٢٩٣
الكوكبات (الأبراج) ٢٨٢، ٤١٩
كوكبة الجبار ٢٨٢، ٤١٩
كوكروفت - جون ٢٥
كوكسويل - هنري ٢٤٩
كولا - شبه جزيرة كولا ٢١٢
كولمبوس - كريستوفر ٢١٥
كولوم - شارل أوغسطين ١٤٩
الكون ٢٧٤
الحياة في ~ ٣٠٧
عناصر ~ ٣١
الهيدروجين في ~ ٤٧
~ والإنفجار العظيم ١٧، ٢٧٥، ٢٩٦
أنظر أيضًا الفضاء
كوتسبيسون ٢٥٠، ٢٥١
كوك - ستيفاني ١٠١
الكويبو ٣٤٤
الكويكبات ٢٨٣، ٢٨٩، ٢٩٤
كويكبات أبولو ٢٩٤
الكويكبات الطروادية ٢٩٤
الكيتين ٣٥٢
كيرتشوف - غوستاف ١٩٣
الكيروسين (الكاز) ٩٨
الكيلوجول ١٢٢
الكيلوكالوري ١٢٢
الكين (تمساح) ~ ٣٢١، ٣٨٨
الكيمياء

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والكيمياء ١٧
~ الزراعة ٩١
~ في الطب ١٠٤-٥
الكيمياء العضوية ٤١
الكوي - ثمرة ~ ٣١٨

~ والطاقة الكامنة ١٢٣
~ والظاهرة الكهروضوئية ١٩١
~ والعضلات ٣٥٥
~ في البيت ١٦١
~ وقُدرة الريح ١٢٤، ٢٥٥، ٢٥٦
~ والقُدرة الشمسية ١٢٤، ١٩٠
~ ومحطات القدرة ١٣٥
~ والموصلات ٢٣، ٢٩
~ والموصلات الفائقة التوصيل ١٤٩
~ والنحاس ٨٦
المحركات ~ ١٥٨
المولدات ~ ١٥٩
أنظر أيضًا البطاريات
الكهرباء الإجهادية ١٢٦
الكهرباء التيارية ١٤٨-٤٩
~ ~ المتناوبة ١٥٩، ١٦٠
~ ~ المستمرة ١٥٩، ١٦٠
الكهربائية الساكنة ١١٥، ١٤٦-١٤٧
٤٧، ٢٥٧
كَهَزَل (إلكترونيك) ٦٨
الكَهَزَلَة ٦٧
~ في إنتاج الألومنيوم ٨٧
~ في إنتاج النحاس ٨٦
~ وهيدروكسيد الصوديوم ٩٤
التنقية الكهربائية ٦٧
الكَهَزَمَان ١٤٥، ٢٢٥، ٢١٧
الكهرمغنطيسية ١٥٦-٥٧
الطيف الكهرمغنطيسي ١٩٢، ٤١٢
~ والخ ١٥٩
~ والمغنطيسات الكهربائية ٣٦

الكهوف ٢٢٨، ٢٣٦
الكوازكات ٢٥
كواشف الذئبة ١٨٠
الكواشف الفلزية ١٥٧
الكواكب ٢٧٤
إحصائيات عن ~ ٤١٨
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧
أضل ~ ٢٧٥
أورانوس ٢٩٢
بلوتو ٢٩٣
جاذبية ~ ١٢٢
زُحَل ٢٩١
الزُهْرَة ٢٨٦
السواير الفضائية و ~ ٢٧٣
غَطَارِد ٢٨٦
الكوكب العاشر ٢٩٣
المريخ ٢٨٩
المشتري ٢٩٠
نبتون ٢٩٣
نُشَاة ~ ٢١٠
النظام الشمسي و ~ ٢٨٣
الكواكبات ٣٣٥، ٤٠٠
كوبرنيكس - نيكولاس ٢٨٧
كوبروليت، نُجُو مُتَحَجَّر ٢٢٥
الكوبلت ٣٢
كوبي (ساتل سبر الخلفية الكونية) ٢٧٥
كُوخ - روبرت ٣١٢
كُوداك ٢٠٧
الكُورْتَدُم ٢٢١

الكهوف ٢٢٨، ٢٣٦
الكوازكات ٢٥
كواشف الذئبة ١٨٠
الكواشف الفلزية ١٥٧
الكواكب ٢٧٤
إحصائيات عن ~ ٤١٨
الأرض ٢٠٩، ٢٨٧
أضل ~ ٢٧٥
أورانوس ٢٩٢
بلوتو ٢٩٣
جاذبية ~ ١٢٢
زُحَل ٢٩١
الزُهْرَة ٢٨٦
السواير الفضائية و ~ ٢٧٣
غَطَارِد ٢٨٦
الكوكب العاشر ٢٩٣
المريخ ٢٨٩
المشتري ٢٩٠
نبتون ٢٩٣
نُشَاة ~

- المَجَرَّات ٢٧٤، ٢٧٦-٢٧٧
المَجَرَّات الإهليلجية ٢٧٦
مَجَرَّات السُّنْبُلَة ٢٧٦
المَجَرَّات غير المنتظمة ٢٧٦
المَجَرَّات اللولبية أو الحلزونية ٢٧٦
مَجَرَّة أندروميدا (المرآة
المُسْتَسْلِة) ٢٧٧، ٢٧٦
المُجَسِّمَات الصوتية الشخصية ١٨١
مُجَفِّفَات ٦٩
المُجَفِّفَات الدوامية ١٢٥
مُجَمَّعَات تكرير مياه المجاري ٣١٣
المَخَار ٢٠٥، ٣٢٤
المَخَارِ الثَلينية ٣٨٥
المَخَارِ المخروطية (المَخْرُوطِيَّات) ٣٢٤
مَخَارِثَات الجِلْد ٣٢٦
مُحَاكَاة الطيران ١٧٥
المَحَالِيل ٦٠، ٦٢
المَحَالِيل المُشْبَعَة ٦٠
مَحَامِل الكُرَيَات ١٢١
مُحَرِّكَات ١٤٣-٤٤
~ الاحتراق الداخلي ١٤٣، ٦٥
~ الطائرات النفاثة ١٤٤، ٨٨
المُحَرِّكَات التُرْدِيَّة ١٤٣
المُحَرِّكَات الثنائِيَّة الشُّوْط ١٤٣
مُحَرِّكَات الدَّرَاجَات النَّارِيَّة ١٤٣
المُحَرِّكَات الرَّبَاعِيَّة الأشواط ١٤٣
المُحَرِّكَات الكهربائية ١٥٨
مُحَرِّكَات مُتَعَدِّدَة الأَقْطَاب ١٥٨
المُحَرِّكَات المروحية التربينية ١٤٤
مُحَصِّلَة القُوَى ١١٦
المَخَطَّات الفضائية ٣٠٤
مَخَطَّات القُدْرَة
~ ~ والإمداد الكهربائي ١٦٠
~ ~ والتلوث ٦٤
~ ~ العاملة بالزيت أو الفحم ١٣٥
~ ~ النووية ١٣٦
المُولَّدَات في ~ ~ ١٥٩، ١٦٠
المَخَطَّة الفضائية سَالْتُون ٣٠٤
المَخَطَّة الفضائية فريدم ٣٠٤
المَخَطَّة الفضائية بير ٣٠٤، ٣٠٠
محطة القدرة النووية في
شيرنوبيل ٢٧، ١٣٧
مُخَلَّلَات النَّفْس ٦٥
مَحْمِيَّات الحياة البرية ٤٠٠
مِحْوَ الإرتكاز ١٢٤، ١٣١
المُخَوَّلَات (الكهربائية) ١٦٠
مُخَوَّلَات مُخَفَّزَة ٥٧
المُحِيط الأطلنطي ٢١٥، ٢٣٥
المحيط الهادي ٢١٦، ٢٣٥
المُحِيطَات ٢٣٤-٣٧
أعاصير ~ ٢٥٨
إمْدَاد قِيْعَان ~ ٢١٤-١٥
الأمواج والمد والتيارات
المُحِيطِيَّة ٢٣٥
(بيئيات) ~ ٣٧١، ٣٨٦، ٨٧
تلوث ~ ٣٨٧
تِيَارَات ~ ٢٤٤
خطوط سواحل ~ ٢٣٦-٢٧
- صُخُور رسوبية في ~ ٢٢٣
الطُرُنَادَات المائِيَّة في ~ ٢٥٩
عوالق ~ ٣٠٦
مَدَّ وَجَرَّر ~ ١٢٢
أَنْظُر أَيْضَا البَحَار
مخاريط الإبصار ٢٠٥
المُخْتَبِر الفضائي سِبِيْس لَاب
٣٠٤
المُخْتَبِر الفضائي (سكاي لَاب)
٣٠٤
المُخْتَبِرَات ٤٩، ٤٠٥
المُخَذَّرَات (البَنْج) ٤٢، ١٠٥
المُخَضَّبَات والأسمدة ٤٢، ٤٣، ٩٠، ٩١
مُخَطَّط مَرْتَسِيزِنْج - راسيل ٢٧٩
مَخْلُوقَات باردة الدَّم ٣٢٦، ٣٥٠
٤٢٣
مَخْلُوقَات حَارَّة الدَّم ٣٣٢، ٣٥٠، ٤٢٣
مَخْلُوقَات خارجية الإحراق ٣٢٦، ٤٢٣، ٣٥٠
مَخْلُوقَات داخلية الإحراق ٣٣٢، ٤٢٣، ٣٥٠
مَدَّ البَصَر ٢٠٤
المَدَّ والجَزَر (المَدَّر) ٢٣٥
الجانبية ~ ١٢٢
القُدْرَة المَدْرِيَّة ١٣٤
مَدَى الأعمار ٤٢٢
المَدَارُ القُطْبِي ٣٠٠
مَدَارَات
~ السَّوَاتِل ٣٠٠
~ الكُويكَبَات ٢٩٤
~ النظام الشَّمْسِي ٢٨٣، ٢٩٣
المَدَارَات الأرضية الاستقرارية
وسوايل الإتصالات ٣٠٠
المِدْقَعَات الإلكترونية التلفزيونية ١٦٧
المُدُن (البيئيات) ٣٩٧
~ والضَّخَان ٢٦٣
~ كُنْخَاخ صُغْرِي ٢٤٤
~ كُنْظَم بَيْنِيَّة ٢٧١
مُنَاخ ~ ٤١٧
المُنَاذِبَات، الموادُّ المُنَاذِبَة ٦٠
مُذَبِّذَات، ١٦٥، ١٦٦
مُذْنَب سَوِفْت تَائِل ٢٩٥
مُذْنَب هَالِي ٢٩٥، ٢٩٧، ٣٠١
المُذْنَبَات ٢٨٣، ٢٩٥
المُذْنِبَات، الموادُّ المُذْنِبِيَّة ٢٣، ٦٠، ١٠٢
المرآة المُسْتَسْلِة، أندروميدا ٢٧٧-٢٧٦
المراصد ٢٩٧
مَرَاطِمُ الأمواج ٢٣٧
مَرَاقِب الحواسيب ١٧٤
مَرَاكِزُ التَّبَاوُل التلفزيونية ١٦٣
المَرَاكِزُ الفضائية ٢٩٩
المَرَاكِمُ الحمضية الرُّصَاصِيَّة ٦٨، ١٥١
المرآيا
الصُّوَر المَرَاوِيَّة ١٩٤
~ التَلِسْكُوبِيَّة ١٩٥، ١٩٨، ٢٩٧
~ والضوء ١٩٠
مَرَايَا مُرَدَّوِجَة الأَتْجَاه ١٩٤
مَرَايَا الشُّوْق في السَّيَّارَة ١٩٥
- المَرَايَا المُخَذَّبَة ١٩٥
المرآيا المُسْتَوِيَّة ١٩٤، ١٩٥
المَرَايَا المُقَعَّرَة ١٩٥
المرْجَانِيَّات ٣٢٠
الشُّعَاب المَرْجَانِيَّة ٢٢٣، ٢٣٤، ٣٨٧
المرْجَرِين - رُبْد ~ ٦٥
المُرْجَلَات ٢٢٠
مُرْسَخَات الأصباغ ١٠٢
المرسلات الراديوية (اللاسلكية) ١٦٤
مُرْسَخَات الضوء ٢٠٢
مُرْصَد سِيرُو تُولُولُو ٢٩٧
المِرْطَاب (الهَيْجِرُومِتِر) ٢٥٢
مِرْكَاتُور - جِيرَارْدُوس ٢٤٠
المُرْكَبَات ٥٣، ٥٨-٥٩، ٦٧
مِرْكَبَات أَبُولُولُو الفضائية ٢٨٧، ٣٠١، ٢٩٩
المُرْكَبَات الفضائية
خَرْكَة ~ ~ ١٢٠
خَلَايَا وَقُود ~ ~ ٥٦
ضَوَارِيخ ~ ~ ١٤٣، ١٤٤، ٢٩٩
هَبُوط ~ ~ على سطح القمر ٢٨٧
المُرْكَبَات وَمُرْكُزُ الثَّقَل ١٢٤
المُرْكُز ١٢٤، ١٣١
مُرْكُزُ الثَّقَل ١٢٢، ١٢٤
المُرْكُز السُّطْحِي لِلزَّلْزَلَة ٢٢٠
المُرْمَر، الرُّخَام ٢٢٤
المُرْمُوط ٢٨١
المُرْو (الكُورَاتُز) ٣٩
بُلُورَات ~ ٣٠
الغرانيت و ~ ٢٢١
الكهرباء الإجهادية و ~ ١٢٦
المُرُونَة
الطاقة الكامنة المُرُونِيَّة ١٢٣، ١٢٨
~ وخصائص المادة ٢٣
المِرْيَاحَات ٢٥٦
المِرْيَخ ٢٨٩
إحصائيات عن ~ ٤١٨
جَوْ ~ ٢٤٨
الشُّوَابِر الفضائية إلى ~ ١٧٦، ٣٠١، ٢٨٩
نَشَاة ~ ٢٨٣
المِرْيَكِيْس ٣٠٨
مُرْدُوجَات الأَقْدَام ٢٢٢
المِرْوَلَة الشَّمْسِيَّة ٢٠١
المِرْيَجَات ٥٨-٥٩
فَضْل ~ ٦١
مَسَابِر رَضْد لاسلكية ٢٧١
مِسَاحَة السُّطْح ٥٥، ٥٦
مَسَاحِيْق الغَسِيل ٥٧، ٩٥
مَسَافَات التَّوَقُّف ١١٩
مَسَافَة الكَبْج ١١٩
المَسَامِير المُلَوَّلَة ١٣١
مُسْتَحْضِرَات التَّجْمِيل ١٠٣
مُسْتَحْلِبَات ٥٩، ١٠٣
مُسْتَحْلِبَات، عواملُ اسْتِحْلَاب ٩٣
المُسْتَقْبَلَات ١٦٥، ١٦٧
المُسْتَكْتِشِف فوق البنفسجي
الدُّوَلِي ٢٩٨، ٣٠٠
المُسْتَنْقَعَات ٢٢٧، ٢٨٩، ٣٩٨
- مُسْتَنْقَعَات القَرَام ٢٨٩، ٢٩٨
المُسْتَنْقَعَات المِلْحِيَّة ٢٢٧
المُسْتَهْلَكَات والسَّلَاسِل الغذائية ٣٧٧
مُسْتَوِيَّات التَّطْبُق ٢٢٣
المُسْتَوِيَّات الغذائية ٣٧٧
مِسْخُ هَيْلَا ٣٩٠
مِسْقَاطُ الشَّرَانِج ١٩٧
مَسْقَطُ مَاء، شَلَال ٢٢٣
مَسْقَطُ مِرْكَاتُور ٢٤٠
المِسْتِيل (الهَيْدِرُومِتِر) ٢٢
المَسَابِك ٣٦٠، ٣٦١
مَسَاغِل رَادِيُوفُونِيَّة ١٨٩
مُسَاكِنَة ٣٨٠
المُسْتَشْرِي ٢٩٠
إحصائيات عن ~ ٤١٨
أَقْمَار ~ ٢٩٠، ٢٧٣، ٣٠١
سَابِرَان فضائِيَّان إلى ~ ٢٧٣، ٣٠١، ٢٩٠
نَشَاة ~ ٢٨٣
النَّطَاق الكُويكَبِي لِل~ ٢٩٤
المَشْطُورَات (الدِّيَاتُومِيَّات) ٣٥٢
مَشَق (تَصْمِيْمٌ إِنْسِيَابِي) ١٢١
مَشِيْج (عِرْس) ٢٦٤-٢٦٧، ٦٥
مَشِيْمَة، سَخْد ٣٦٨
المَصَارِف والحواسيب ١٧٥
المَصَاطِب النَّهْرِيَّة ٢٢٣
المَصَاهِر ١٥٢، ١٦١
مَصَبَّات الأنهر ٢٢٦، ٢٨٥
مَصَبَّات الأنهر الدلتاوية ٢٢٣
مِصْبَاح دِيْفِي ٢٢٨
مِصْر
عِلْمُ الفَلَك في ~ ٢٩٦
~ ومُسْتَحْضِرَات التَّجْمِيل ١٠٣
نَهْر النِيل في ~ ٢٨٨
مِصْعَد (أَنُود) ٦٧، ١٦٨
مُصَوِّرَات فُوتُوغَرَفِيَّة لِتَوْقِيْت
إِنْهَاء السَّبَاقَات ١١٨
المُصَوِّرَة، پَلَازْمَا الدَّم ٢٤٨
مُضَادَّات التَّكْسِد ٦٥، ٩٣
المُضَادَّات الحَيَوِيَّة ١٠٥
مُضَادَّات الزُّوَاع ٢٥٣
مُضَافَات الطَّعْمَة ٩٣
المُضَافَات البَنْزِينِيَّة ٩٩
أَنْظُر أَيْضَا النُّفُط
المُضَخَّمَات
~ الإِلِكْتُرُونِيَّة ١٦٩
~ التَلْفَرْزِيُونِيَّة ١٦٦
~ الرَادِيُويَّة ١٦٤، ١٦٥
مُضَغَّة، جَنِين ٣٦٨
المَطَّاط ٢٣، ١٠١، ١٠٦
المَطَر ٢٦٤-٢٦٥، ٤١٦
تَكُون ~ ٢٦٤
~ والأعاصير ٢٥٨
~ والْبَرْد ٢٦٧
~ والثَّجَات ٢٣٠
~ والجَنِينَات البَارِدَة ٢٥٣
~ والجَلِيد القَائِم ٢٦٨
~ ودُورَة الجَفَاف ٢٤٢، ٢٦٥
~ والسُّحْب ٢٤١، ٢٦٠-٦١
~ ومِعالِجَة المَاء وصناعاته ٨٣
~ المَوْسِمِي ٢٤٥، ٢٦٤
المَطَر الحَمْضِي ٢٣١
أَسْبَاب ~ ~ ٦٤، ٦٩، ٤٢٤
- ~ ~ وإضافة الكلس إلى الحُقُول ٧١
~ ~ والتجوية ٢٣١
~ ~ والتلوث ٦٨، ٣٧٣
المطران أشر وخلق الأرض ٢٢٦
المُطَهَّرَات ١٠٥
مُطَيِّف (مكشاف الطيف) ٦٣، ٢٨٤
المُطَيِّف الكُتْلِي ٦٣
المُطَيِّف (مقياس الطيف) ١٩٣، ٢٧٨
المُطَيِّلِيَّة ٢٣
مُظَلَّلَات هَبُوط، پاراشُوتَات ١١٩
مِعاء ٢٤٥
المُعَادَلَات
~ الفيزيائية ٤٠٨
~ الكهربائية ٤١٠
~ الكيماوية ٥٣
~ الموجية ٤١٢
المُعَايِن
الصُّخُور و ~ ٢٢١
~ والجيولوجية ٢٠٩
~ في الأسمدة ٩١
~ في الأطعمة ٧٨
~ في التُّرْب ٢٢٢
~ في التَغْذِيَّة ٢٤٢
هُوِيَّة ~ ومقياس مَوْهَر ٤١٥
مُعَارِفُ الأَسْطُورَات ١٨٨
مُعَارِفُ الأَسْطُورَات المُدْجِجَة ١٧١
مُعَالِجَة الكَلِمَات ١٧٣
مُعَامِل الانكِسار ١٩٦، ٤١٣
المُعَايِرَة بِالتَّحْلِيل الحَكْمِي ٦٢
المُعَايِشَة ٣٧٩
مُعَايِيرِ الوَقُود في السَّيَّارَات ١٥٧
المُعْدَة ٣٤٥
المُعْضِرَات المَعْدِيَّة ٧٦
القُرُوح المَعْدِيَّة ١٠٥
مِعرَكَة وَابْرُلُو ٢٧٠
المَعْلُومَات
~ والإِتِّصَالَات البُعَادِيَّة ١٦٢
~ الحَاسُوبِيَّة ١٧٣
مُعِينَات السُّنْع ١٨٢
المِغْزِر ٣٤١، ٣٤٢
المُغْذِيَّات - قُرْط ~ ٣٧٣
المَغْنِيسِيُوم ٣٥
تَفَاعُلِيَّة ~ ٤٠٥
~ في الجدول الدوري ٣٣
المَغْنِطِيْسِيَّة ١١٥، ١٤٥، ١٥٤-١٥٤
٥٥
حَقَائِق ومَعْلُومَات عن ~ ٤١٠-١١
الطاقة الكامنة ~ ١٢٣
الْفِلْزَات ~ ٣٦
الكهرمغنطيسية ١٥٦-٥٧
مَجَال الأَرْض المَغْنِطِيْسِي ١١٥
١٤٥، ١٥٤، ٢١٣، ٢١٥
مَجَالَات القُوَّة ~ ١١٤
~ في الصُّخُور ٢١٥
~ والمُحَرِّكَات الكهربائِيَّة ١٥٨
~ ومُكَبِّرَات الصُّوْت ٢٧
~ والمُولَّدَات ١٥٩
مَغْنِطِيْسِيَّة القُطْب الشَّمَالِي ١٥٤
١٥٥
المَغِيْب، غُرُوب الشَّمْس ٢٦٩

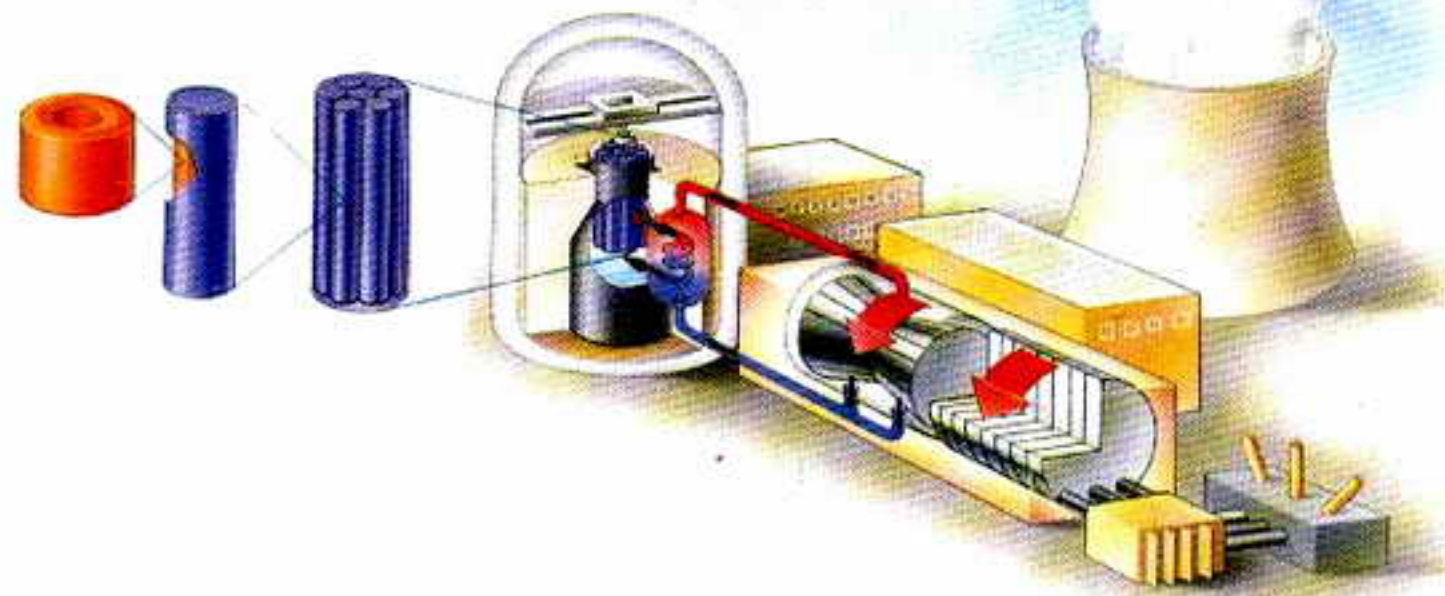
- المفاصل ٣٥٣
المفترسات (انظر الضواري)
مفرق ١٥٣
مفرقات استعراضية ٦٣، ٣٥
١٣٨
المفصليات ٢٣-٢٢٢، ٤٢٢
المقاييس الكهربائية ١٦١
مقاومات ١٥٢-٥٣، ١٦٨-٦٩
٤١٠
مقاومة
~ الاحتكاك ١٢٢
~ كهربائية ١٥٣
~ الهواء ١١٩، ١٢١
مقاومة الهواء لسيئر الطائرة ١١٤
مقاييس درجة الحرارة ١٣٨،
٤٠٨، ١٤٠
مقاييس متعددة القياسات ١٥٢
المقدوف المرتد (الغرجون) ١٢٢
المقرب الراديوي الكبير المتعدد
الاطباق ٢٩٧
مقرب هبل الفضائي ٢٩٨، ٣٠٠
مقياس الأس الهيدروجيني (هـ)
٦٨، ٧٠-٧٢
مقياس بوفورت ٢٥٦
مقياس تورو ٢٥٩
مقياس رنجر ٢٢٠
مقياس سلسيوس ١٤٠
مقياس فرنهيت ٤٠٨، ١٤٠
مقياس كلفن ١٢٨، ١٤٠، ٤٠٨
مقياس ميكلي ٢٢٠
مقياس موهن ٢٢١، ٤١٥
المكايح ١٩، ١٢١، ١٢٨
المكابس ١٤٣
مكاسين الماء ٣٨٩
المكبات، ١١٢
مكبرات الصوت ١٥٦، ١٨٣
المغناطيسات الكهربائية في ~ ~
٣٧، ١٥٧
~ ~ في الراديو ١٦٥
انظر أيضا المكروونات
المكثفات السعوية ١٤٧، ١٦٨-٩
المكثورات ٤١، ١٠٠-١٠٦
مكثور الإستر ١٠٧
المكروبات
~ والإختمار ٨٠
~ والتقانة البيولوجية ٩٣
~ في الأطعمة ٩٢
أنظر أيضا البكتيريا والخمات
المكروونات ١٨٠، ١٨٣
~ نوات الملقح المتحرك ١٥٩
~ والصحون المكافئة المقطع
١٨٤
~ في أجهزة التلفون ١٦٢
~ في الراديو ١٦٥
~ في ميعينات السمع ١٨٢
مكشاف كهربائي (الكتروسكوب)
١٤٦
المكنات ١٣٠-٣١
~ والحركة الدائمة ١٣٩
~ والمحركات الكهربائية ١٤٥،
١٥٨
مكنات البيع ١٥٧
مكنات الناسوخ (الفاكس) ١٦٣
المكوك الفضائي ٣٠٠، ٣٠٢
- ٣٠٣
محركات ~ ~ ١٤٤
مدار ~ ~ ١٢٥
~ ~ وانعدام الوزن ١٢٥
الملابس
الياف ~ ٨١، ١٠٧
تنظيف ~ ٩٥
الملاحة
البوصلات و~ ١٥٤
الخرائط و~ ٢٠٩
النجوم و~ ٢٨٢
الهجرة و~ ٢٨١
الفلاري، البُرءاء ٣١٤
ملانين، قتامين ٣٥٤
ملح ٧١، ٧٣
الملح الصخري ٢٢٣
الملح (كلوريد الصوديوم) ٢٤
استخدامات ~ ٤٠٧
تحلية الماء بإزالة ~ ٨٣
تركيب ~ ٥٨، ٥٩
الروابط الأيونية في ~ ٢٨
القلويات المحضرة من ~ ٩٤
محاليل ~ المشبعة ٦٠
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨
ملطف الألم ١٤١
الملغم ٨٨
ملفات
الكهرمغنطيسية وال~ ١٥٦،
١٥٧
~ المحركات الكهربائية ١٥٨
الملفات اللولبية ١٥٦
المليبار (ملب) ٢٥٠
المسحوبات ٣٢١، ٤٢١
المناجم البثرية ٢٣٨
مناجم تعدين مكشوفة ٢٣٨
المناجم السربية ٢٣٨
مناخ ٢٤١، ٤٤٤-٤٥٥
ال~ وتكون التربة ٢٣٢
ال~ والحيوانات ١٤٢
~ الشهوب المرجية ٢٩٢
~ الصحاري ٢٩٠-٩١
~ العصور الجليدية ٢٢٩
~ الغابات المطيرة ٢٩٤
~ الغابات المعتدلة ٢٩٦
ال~ والفصول ٢١١
~ القطبين ومناطق التندرا ٣٨٢
~ المدن ٤١٧
مناخ ساحلي بحري ٢٤٤
مناخ صغري ٢٤٤
مناخ قاري ٢٤٤
المناخ القطبي ٢٤٥
المناخ المعتدل ٢٤٤
المناخات الإشتوائية المدارية ٢٤٤
المناخات المتغيرة ٢٤٦-٤٧
أنظر أيضا الطقس
المنازل أنظر القناني
مناطق التندرا ٣٧١، ٣٨٢-٨٣
جبال ~ ~ ٣٨٤
مناخ ~ ~ ٢٤٥
المناطق الرطبة ٢٧١، ٣٨٩، ٣٩٨
المناطق القطبية ٢٧١، ٣٨٢-٨٣
المناطق المخددة بالروائح ٣٥٩
المناطيد
الهروجين و~ ٤٧
- الهليوم و~ ٤٨، ١٢٩
الهواء داخل ~ ٥٠
~ والتنشؤ بالأحوال الجوية
٢٧١
مناقير الطيور ٣٢٣
المشتجات في السلاسل الغذائية
٣٧٧
المشجرات ٢٩٣
مشتحات زكامية شسمية ٢٣١
المشخرات ٢١٤
المشتخضات الجوية ٢٥٣، ٢٧٠
منديل - جريچور ٢٦٥
منديلبيف - ديمتري ٢٢
منطقة الركود المغنطيسي
منظار داخلي ١٩٦
منظار ذو عينيّتين ١٩٨
المُنظفات ٩٥
منظمة الأرصاد العالمية ٢٧١،
٤١٦
منظومة ميدي (البنيّة الرقمية)
للآلات الموسيقية ١٨٩
المُنكسات ٣٦٠، ٣٦١
مُنكهاث الأطعمة ٩٣
المُنوبات ١٥٩
المهارة العربية ٤٠٠
مهبط، كاثود ٦٧، ١٦٨
المواد ٨١-١١٢
إعادة تدوير ~ ١١٢
تصميم ~ ١١١
حقائق ومعلومات عن ~
٤٠٦-٧
المواد الأولية ٤٠٧
المواد الشفافة ٢٠٠
المواد الشفّة ٢٠٠
مواد كامدة ٢٠٠
المواد اللصوقة ١٠٦
مواد مقاومة للحرارة ١١١
أنظر أيضا كلّ مادة بمفردها
موارد ٤٠٧
موازين الحرارة ١٤٠، ٢٥١
الموازين الزنبركية (أو النابضية)
١٢٣
الموازين القنانية ١٢٤
الموازين النيوتنية التدرج ١٢٣
الموايسعات (المكثفات السعوية)
١٤٧، ١٦٨-٩
موجة (أنظر أمواج)
بطن الموجة ١٨٦
مويم الحاسوب ١٧٣
موزس - صموئيل ١٦٢
موزي - إيفون ٢٥٢
الموز ٣٦٦
الموسيقى
الاصوات الموسيقية ١٨٦-٨٧
الآلات الموسيقية ١٢٦، ٤١٣
~ الإلكترونية ١٨٩
~ والشعبيات ١٨٤
الموشورات ١٩٣، ٢٠٢
الموصلات
خصائص ~ ٢٢
~ الفائقة التوصيل ١٤٩
~ الفلزية ٢٩
~ الكهربائية ١٤٨
~ النحاسية ٨٦
- الموصلية ٢٢
موطن (بيئي) ٢٧٠
المول ٥٣، ٢٢٥
المولدات ١٤٥، ١٥٩، ١٦٠
مُولفات مَوغ ١٨٩
موللر - ألكس ١٤٩
موندنر - إدوار ٢٤٢
مونهز - فريدريخ ٤١٥
موهورو فيشيش - أندريا ٢١٢
الميثانول ٥٦، ٩٣
الميثان
تفاعلات ~ الكيماوية ٥٢
تكون ~ ٢٣٩
~ في بدايات الحياة ٣٠٧
~ من مطارح النفايات ١١٢
~ من مُنتجات الغاز ٩٧
~ من مُنتجات النفط ٩٨
ميجاد، جبل ميجادي ٢٣٠
ميراندا ٢٩٢
ميزوسورس برازيلينسيز ٢١٥
الميزوسفير ٢٤٨، ٢٩٨
الميزوهيس ٣٠٨
ميسم (سمة) ٣١٩
الميثكا ٢٢١، ٢٢٤
الميكروسكوبات المركبة ١٩٨
الميل المغنطيسي ٢١٢
الميلوثيت ٢٢٤
ميليكان - روبرت ٢٥
الميلين، النخاعين ٣٦٠
ميمان - تيودور ١٩٩
~ والطرنادات ١١٤، ٢٥٩
- ن
النابذات (الفراغات الطاردية) ٦١
نابليون الأول ٦٣، ٢٧٠
~ الثالث ٨٧
نار القديس الممو ٢٦٩
الناسخات الصوتية ١٤٦
الناسوخ (الفاكس) ١٦٣
الناسخات (الكوبرا) ٢٣٠
الناسيس ٢٢٤
نبايت الشبيكة والإبصار ٢٠٥
النباتات ٣٠٦
الياف ~ ١٠٧
إنقراض ~ ٣٩٨-٩٩
البيئة الداخلية في ~ ٢٥٠
تحرك ~ ٣٥٦
التخليق الضوئي في ~ ٤٩، ٦٥
٧٤، ٣٤٠
تصنيف ~ ٣١٠-١١، ٤٢٠
تطور ~ ٣٠٨، ٣٠٩
تعايش ~ ٢٧٩
التكاثر اللاجنسي في ~ ٣٦٦
التنفس في ~ ٢٤٦
خواس ~ ٣٥٩
الخلايا النباتية ٢٢٧، ٢٣٨-٢٩
طاقة ~ ١٢٣، ١٢٨
اللازهرجات ٣١٦
مدى أعمار ~ ٤٢٢
نظام النقل في ~ ٣٤١
نمو ~ ٣٦٢
الهرمونات النباتية ٣٥١
يخضور (كلوروفيل) ~ ٣٥
- ٣٦
~ والاحافير ٢٢٥
~ والتغذية ٣٤٢
~ وتكون الفحم ٢٢٨
~ والتناسل الجنسي ٣٦٧
~ ودورات الغلاف الحيوي
٣-٢٧٢
~ ودورة الأكسجين ٤٤
~ ودورة الكربون ٤١
~ ودورة النتروجين ٤٢
~ الزهرية ٣١٨-١٩، ٤٢٠
~ والسلاسل والشبكات
الغذائية ٣٧٧
~ وشع الشمس ١١٢
~ وطاقات الكتلة الحيوية ١٣٤
~ في الخواضر والمُدن ٣٩٧
~ في الصحاري ٣٩٠
~ في الغابات المطيرة ٣٩٤-٩٥
~ في غابات المناطق المعتدلة
٣٩٦
~ في المناطق الجبلية ٢٨٤
~ كواشف الحمضية ٧٢
~ في المناطق الرطبة ٣٨٩
~ والوراثيات ٢٦٤-٦٥
النباتات المغترسة ٣٥٩، ٣٩٤
النبتة المشتجة ٣٥٩
نيتون ٢٨٣، ٢٩٣
إحصائيات عن ~ ٤١٨
إكتشاف ~ ٢٩٢
السواير الفضائية إلى ~ ٢٧٣،
٢٠١، ٢٩٣
النّتح ٣٤١
النّترات ٣٧٣
نترات الفضة ٢٠٦
النّروجين ٤٢
نورة ~ ٢٧٣
~ في الأمونيا ٩٠
~ في الهواء ٧٤
~ والمُخصبات ٩٠
النتروغليسرين ٤٢
نجم البحر والزقيات ٢٢٥
نجم القطب ٢٨٢
النجوم المتكبر (كويزوليت) ٢٢٥
النجوم ٢٧٢، ٢٧٨-٧٩
أسطح ~ ٤١٨
أقناء (ج. قنؤ) ~ ٢٨٠
الاندماج النووي في ~ ١٢٧
تلالؤ ~ ٢٦٩
نورة حياة ~ ٢٨٠-٨١
الشمس أقرب ~ ٢٨٤-٨٥
ضوء ~ ١٧٧
طاقة ~ ١١٣
قياس نصوع ~ ٢٨٢
الكوكبات و~ ٢٨٢، ٤١٩
مَجَزات ~ ٢٧٦-٧٧
~ وعلم الفلك ٢٩٦
النجوم البدائية ٢٨٠
نجوم ثنائية ٢٧٩
النجوم الثنائية المنكسفة ٢٧٩
النجوم العملاقة الحمراء ٢٨١
٢٨٥
النجوم القزمة البيضاء ٢٨٠-٨١
٢٨٥
النجوم القزمة السوداء ٢٨١، ٢٨٥

الموسوعة العلمية الشاملة



المرجع العلمي الأساسي للعلماء الشباب

- أكثر من ألفي مدخل تعالج قرابة ٢٥٠ موضوعاً رئيسياً في مختلف مجالات العلم الحديثة مرتبة موضوعياً لتيسر لك تناول المفاهيم والمسائل العلمية وعلاقاتها والقوانين التي تحكمها.
- أكثر من ٢٥٠٠ صورة وخريطة ومخطط بياني ملونة تضيف على المادة العلمية وضوحاً وحيوية.
- قسم خاص بالحقائق والمعلومات والجداول الزمنية للمراجعة المستعجلة، مع مسرد يعرف مئات المصطلحات العلمية الواردة في النصوص.
- فهرس عام شامل بمواد الموسوعة، ألفبائي الترتيب، يمكنك من التوصل إلى مطلبك بسهولة وسرعة.
- مرجع مكمل لبرامج العلوم الحديثة في المناهج المدرسية حتى المرحلة الجامعية - هو في الواقع مكتبة علمية في مجلد يضع العلم الحديث في متناول كل بيت.



مكتبة لبنات ناشرون

ISBN 9953-33-776-4



9 789953 337760

SCIENCE ENCYCLOPEDIA
(ARABIC BUTTERFLY BOOKS)

